SHOUT
SHARE
IT

P.V.2
12
418737
2

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

Académie royale des sciences, des lettres et des
beaux-arts de Belgique, Brussels. Classe des
sciences.
A17
no.1-12
SI

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912

Smithsonian Institution
318054
National Museum

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

SMITHSONIAN
LIBRARIES

W8T

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

[5e Série]

[t. 2]

1912 — N° 1

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 1 . 19
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 6 janvier 1912.

M. J. Neuberg, directeur pour 1911, occupe le fauteuil.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Ch. Francotte, *directeur* pour 1912, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, L. Fredericq, A. Jorissen, A. Gravis, A. Lameere, G Cesàro, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, *membres ;* A. Rutot, V. Willem, A. de Hemptinne, J. Verschaffelt, L. Dollo, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

M. le Directeur, en ouvrant la séance, adresse les félicitations de la Classe à MM. Malaise, Van Bambeke, Vanlair et à M. le Secrétaire perpétuel chevalier Marchal, promus commandeurs de l'Ordre de Léopold; MM. De Heen, Deruyts et Dollo, promus officiers; MM. de Hemptinne, Pelseneer et Swarts, nommés chevaliers. (*Applaudissements.*)

Il souhaite la bienvenue aux nouveaux élus présents à la séance : MM. Demoulin, Rutot, Lecointe et Émile Marchal.

— M. le Secrétaire perpétuel fait savoir que deux associés de la Classe, MM. Ch. Depéret et Émile Picard, ont remporté respectivement, à l'Institut de France, le Prix Petit d'Ormoy et le Prix Jean Reynaud, de 10,000 francs chacun.

Les félicitations de la Classe leur seront exprimées.

CORRESPONDANCE.

MM. Demoulin, Rutot, Lecointe, Émile Marchal et Charles Depéret remercient pour leur élection.

MM. Serge Bernstein et Knapen adressent des lettres de remerciements pour les prix qui leur ont été accordés.

— M. Gravis fait hommage, pour la bibliothèque de l'Académie, d'un exemplaire du discours qu'il a prononcé en qualité de recteur de l'Université de Liége, le 17 octobre 1911 : *La biologie végétale.*

— Remerciements.

PRIX ÉDOUARD MAILLY (1,000 francs).

(*Pour favoriser les progrès de l'astronomie en Belgique.*)

5me période : 1908-1911.

La Classe prend notification des travaux reçus de M. Paul Stroobant, correspondant de l'Académie, et de la Société d'astronomie d'Anvers.

— Le jury se composera de MM. le Paige, Lecointe et Lagrange.

Prix Léo Errera (1,800 francs).

(*Biologie générale.*)

2me période : 1909-1911.

M. Edgard Zunz soumet vingt-deux travaux qu'il a publiés de 1909 à 1911.

Le jury se composera de MM. Van Bambeke, Fredericq et Jorissen.

ÉLECTION.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour 1913.

Les suffrages se portent sur M. Jorissen.

M. Neuberg, en installant au fauteuil M. Ch. Francotte, remercie ses confrères de l'honneur d'avoir été appelé à diriger les travaux de la Classe.

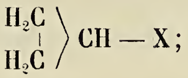
M. Francotte propose des remerciements à son prédécesseur. M. Jorissen, invité à prendre place au bureau, remercie de la marque de confiance qui vient de lui être donnée. (*Applaudissements.*)

RAPPORTS.

Sur la proposition de M. De Heen, la Classe vote le dépôt aux archives d'une note intitulée : *Étude sur la machine d'Atwood;* par M. Charles François.

Sur la proposition de M. Lameere, à laquelle a adhéré M. Willem, second commissaire, la Classe décide le dépôt aux archives d'une note de M. Edmond Demachy, *Sur le processus de formation des neutres chez les Abeilles,*

Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques du type



$$\begin{matrix} H_2C \\ | \\ H_2C \end{matrix} \rangle CH - X;$$

par Louis Michiels, docteur en sciences.

Rapport de M. F. Swarts, premier commissaire.

« Le travail que nous présente M. Michiels constitue une suite à ses recherches sur les dérivés du triméthylène. Il est relatif à une série de composés obtenus aux dépens du nitrile de l'acide triméthylènemonocarbonique.

L'auteur a isolé ainsi des cétones qu'il a transformées en alcools correspondants. Il étudie particulièrement le méthyltriméthylènecarbinol, qu'il a obtenu par réduction, à l'aide de la méthode de Bouveault, du triméthylèneacétyle. En opérant en l'absence d'eau, M. Michiels obtient surtout le carbinol triméthylénique, tandis qu'en milieu aqueux il constate que, comme Perkin et Marshall l'avaient déjà observé, il se fait essentiellement du méthylpropylcarbinol.

M. Michiels a étudié l'action de l'acide bromhydrique sur son alcool et reconnu qu'en même temps que l'alcool est éthérifié, il se fixe une molécule d'hydracide sur l'anneau triméthylénique avec ouverture de cet anneau.

En faisant réagir le bromure de triméthylèneméthyle sur le nitrile de l'acide triméthylènemonocarbonique, M. Michiels obtient une cétone très intéressante, le ditriméthylèneacétyle, qu'il transforme ensuite en alcool. Cet alcool a été soumis à l'action de HBr qui provoque l'éthérification et l'ouverture d'un seul des anneaux triméthyléniques.

La deuxième partie du mémoire est consacrée à la comparaison des densités et des points d'ébullition des dérivés triméthyléniques décrits dans la première partie avec ceux des composés alphaliques correspondants.

Dans la troisième partie, l'auteur cherche à établir la valeur de l'incrément de réfraction moléculaire de l'anneau triméthylénique. Cette dernière partie du travail suggère quelques observations.

La détermination des réfractions moléculaires et atomiques, et plus encore celle de leurs variations sous l'influence de changements de constitution, c'est-à-dire des incréments, exige la mise en œuvre de produits d'une pureté parfaite, dont l'unité chimique soit établie avec toute la rigueur possible. C'est là un point auquel l'auteur ne me paraît pas avoir attaché l'importance qu'il mérite, et l'intérêt que présentent les résultats de ses calculs en est sensiblement diminué.

Malgré ces réserves sur la dernière partie du travail, j'estime que celui-ci présente une réelle valeur; aussi j'en propose l'insertion dans les *Bulletins* de l'Académie. »

Ces conclusions, auxquelles a souscrit M. A. Jorissen, ont été adoptées par la Classe.

Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien ; par Paul Delava.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« En 1881, j'avais cru reconnaître que si la paraglobuline du sang de chien présente le même pouvoir rotatoire que chez les autres mammifères, il n'en était pas de même de l'albumine du sang qui chez cet animal paraissait différer optiquement de celle des autres espèces examinées. Comme à cette époque on ne possédait pas de bon procédé d'isolement de l'albumine, il restait une certaine incertitude sur l'exactitude du fait signalé par moi. M. Delava a repris la question en utilisant le procédé moderne de la précipitation au sulfate ammonique pour la préparation de l'albumine. Il a reconnu que l'albumine du sérum du chien présente un pouvoir rotatoire voisin de celui des autres mammifères, contrairement à ce que j'avais admis en 1881.

Je propose l'impression de l'intéressante note de M. Delava dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Willem, second commissaire, ayant adhéré à ces conclusions, elles sont adoptées.

De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins (méthode des circulations artificielles) ; par Jacques Roskam.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'action directe de la température sur le calibre des vaisseaux sanguins est encore actuellement un sujet des plus controversés. L'auteur du travail soumis à notre appréciation a opéré sur la patte postérieure du chien, séparée du système nerveux. Il a jaugé le débit des vaisseaux soumis à circulation artificielle sous différentes températures et constaté qu'entre 0° et 39° le diamètre des vaisseaux augmente avec la température.

Je propose l'impression de l'intéressante note de M. Jacques Roskam dans le *Bulletin* de la séance, ainsi que des cinq graphiques qui l'accompagnent. »

M. Willem, second commissaire, s'étant rallié à ces conclusions, elles sont adoptées.

Sur les alliages et les dépôts électrolytiques de radium; par Fréd. De Mare et le Dr Ch. Jacobs.

Rapport de M. F. Swarts, premier commissaire.

« En chauffant dans un four du type Fletcher un mélange de carbonate de calcium, de chlorure d'argent, de charbon et de sulfate de radium, les auteurs ont obtenu un lingot métallique auquel ils ont reconnu une radioactivité manifeste.

L'électrolyse d'une solution d'acétate de radium leur a fourni à la cathode un dépôt brun, très radioactif, sur la nature duquel les auteurs ne se prononcent pas.

MM. De Mare et Jacobs nous promettent un travail plus étendu sur le sujet.

La notice pourrait être acceptée comme communication préliminaire. La reproduction des nombreuses photographies qui l'accompagnent entraînerait des frais que ne justifie pas l'importance du travail. »

M. De Heen ayant adhéré à ces conclusions, elles sont adoptées.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

PALÉONTOLOGIE. — **Sur les premiers restes de Tortues fossiles recueillis au Congo,**

par LOUIS DOLLO, correspondant de l'Académie.

1. Historique. — Je suis heureux de pouvoir signaler à l'Académie les premiers restes de *Chéloniens fossiles* recueillis au *Congo*.

Ces restes sont très fragmentaires, mais, cependant, caractéristiques.

Ils ont été découverts par M. N. Diderrich, Ingénieur des Mines, en 1895, alors qu'il était Directeur du Commerce et de l'Industrie de l'État Indépendant du Congo.

M. J. Cornet, Professeur à l'École des Mines de Mons, en parle dans sa *Géologie du Mayombe occidental*, mais sans détermination aucune (¹).

Ils sont actuellement déposés au Musée de Tervueren, qui m'en a confié l'étude et la description, comme de tous les *Reptiles fossiles* du *Bassin du Congo* qui pourraient lui parvenir.

2. Localité. — Les restes de notre Tortue fossile proviennent de la *Falaise de Landana*, dans l'Enclave de Cabinda.

3. Gisement. — Ils étaient renfermés dans un Grès calcareux jaunâtre appartenant au *Montien* (Éocène inférieur).

L'âge de ce gisement a été fixé par MM. Maurice Leriche, Professeur de Géologie à l'Université de Bruxelles, et Émile Vincent, Météorologiste-adjoint à l'Observatoire royal d'Uccle, d'après les Poissons et les Mollusques.

4. Détermination. — Je rapporte la Tortue fossile du Congo au genre *Podocnemis*, encore vivant aujourd'hui.

L'espèce étant nouvelle, je la désignerai sous le nom de

(¹) J. CORNET. *Notes sur la Géologie du Mayombe occidental* (MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DU HAINAUT, 1906, vol. IX, p. 36).

Podocnemis congolensis, afin de rappeler son origine géographique.

5. Dimensions. — D'après les fragments conservés, la carapace de *Podocnemis congolensis* devait être d'une taille égale, ou peut-être même supérieure, à celle de *Podocnemis expansa,* du Bassin de l'Amazone, laquelle arrive presque, dans le sexe femelle, beaucoup plus fort, à $0^{m}90$ de long.

6. Ethologie. — Ainsi que les autres espèces du même genre, *Podocnemis congolensis,* — par sa carapace entièrement ossifiée et aplatie, comme par le grand développement des pédoncules axillaires et inguinaux, — était une *Tortue fluviatile.*

7. Biogéographie. — Le genre *Podocnemis* ne se trouve plus, maintenant, que dans l'Amérique du Sud et à Madagascar.

Mais on savait déjà que, de l'Éocène supérieur au Miocène inférieur, il existait sur le *Continent africain,* notamment en Égypte.

Et que, pendant l'Éocène inférieur, il remontait même jusqu'en Angleterre.

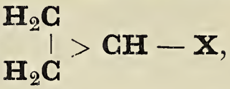
Podocnemis congolensis est un nouveau point, pour ce genre, sur le Continent africain.

8. Biostratigraphie. — Jusqu'à présent, le genre *Podocnemis* n'était pas connu au-dessous de l'*Yprésien* (Éocène inférieur).

La découverte de *Podocnemis congolensis,* dans le *Montien* (Éocène le plus inférieur), le fait dater du début de l'Époque néozoïque.

9. Description. — La description détaillée de *Podocnemis congolensis,* accompagnée des illustrations nécessaires, paraîtra, prochainement, dans les *Annales du Musée du Congo,* en même temps que les travaux de MM. Leriche et Vincent sur les Faunes ichthyologique et conchyliologique du gisement de Landana.

Chimie. — Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques du type

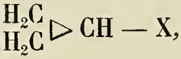


$$\begin{matrix}H_2C\\ |\\ H_2C\end{matrix} > CH - X,$$

par Louis MICHIELS, pharmacien, docteur en sciences naturelles.

INTRODUCTION.

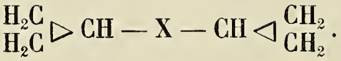
Mes recherches se rattachent à l'étude des dérivés triméthyléniques répondant à la formule générale



$$\begin{matrix}H_2C\\ H_2C\end{matrix} \rhd CH - X,$$

X étant un radical quelconque.

J'en diviserai l'exposé en trois parties. Dans une première, je décrirai quelques dérivés triméthyléniques à fonction acétone et à fonction alcool secondaire que j'ai obtenus, ainsi que deux dérivés ditriméthyléniques : l'acétylditriméthylène et le ditriméthylèneéthanol qui, tous deux, appartiennent à la série des corps représentés par le symbole général



$$\begin{matrix}H_2C\\ H_2C\end{matrix} \rhd CH - X - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\ CH_2\end{matrix}.$$

Dans une deuxième partie, je présenterai les relations de volatilité et de densité que j'ai pu établir entre les dérivés triméthyléniques et les dérivés isopropyliques et allyliques correspondants. Pour établir ces relations, j'ai été amené à préparer trois nouveaux alcools secondaires : l'isobutyl-isopropyl, l'isoamyl-isopropyl et l'isohexyl-isopropylcarbinols; je décrirai donc les propriétés de ces composés avant de passer à l'exposé des relations physiques de volatilité et de densité des dérivés triméthyléniques.

Enfin, dans une troisième partie, j'examinerai la valeur de l'incrément des chaînes cycliques triméthyléniques dans le calcul des indices de réfraction moléculaire.

Ces recherches ont été effectuées au Laboratoire de chimie générale de l'Université de Louvain, sous la direction bienveillante de MM. les Prof^{rs} L. Henry et P. Henry, qui voudront bien trouver ici l'expression de ma reconnaissance.

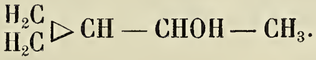
Elles font suite à une série de recherches effectuées déjà depuis plusieurs années dans ce laboratoire, sur les dérivés triméthyléniques (*).

Il me sera donc inutile de présenter les généralités que comporte ce sujet.

PREMIÈRE PARTIE.

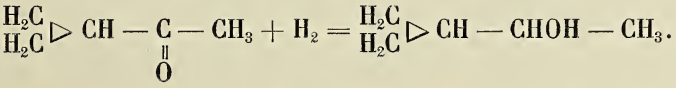
Dérivés triméthyléniques.

Le méthyltriméthylènecarbinol



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH - CHOH - CH_3.$$

J'ai obtenu ce composé par l'hydrogénation au moyen du sodium et de l'alcool anhydre de la méthyltriméthylène cétone (**).



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH_3 + H_2 = \begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH - CHOH - CH_3.$$

C'est un liquide visqueux, à odeur fade, incolore. Il est assez soluble dans l'eau.

Il bout à 119°-120° à la pression ordinaire.

(*) L. Henry, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1901, p. 249. — P. Dalle, *Id.*, 1902, p. 36. — P. Bruylants, *Id.*, 1908, p. 1013. — L. Michiels, *Bull. de la Soc. chim. de Belgique*, 1910, p. 396; 1911, p. 177.

(**) Méthode introduite par MM. Ladenburg, Bouveault, Blanc.

La densité de vapeur, prise par la méthode de Meyer, a été trouvée 3.03, alors que la densité de vapeur calculée est 2.97.

Sa densité liquide à 20°/4° est 0.88045.

Son indice de réfraction à 20° est 1.42461 (raie D du sodium), ce qui donne un indice de réfraction moléculaire : calculé 24.536; trouvé 24.93.

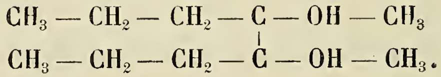
En même temps que le méthyltriméthylènecarbinol, il se forme dans l'hydrogénation de la méthyltriméthylènecétone un peu d'un liquide huileux, très épais, bouillant très haut; la petite quantité obtenue ne m'a pas permis de fixer son point d'ébullition qui est au delà de 200°.

La nature du méthyltriméthylènecarbinol est bien établie; en effet, comme je le montrerai plus loin, cet alcool s'éthérifie des plus facilement par les hydracides halogénés, caractère que possèdent ces alcools triméthyléniques, et le bromure de cet alcool donne des plus aisément un bibromure par fixation de HBr sur la chaîne triméthylénique, ce que ne pourraient donner ni le méthylisopropylcarbinol, ni le méthylpropylcarbinol, composés saturés à chaîne ouverte.

Marshall et Perkin (*) ont précédemment réalisé l'hydrogénation de la méthyltriméthylènecétone; ces auteurs ont effectué cette hydrogénation au moyen d'éther aqueux et de sodium. Ils ont obtenu ainsi du méthylpropylcarbinol

$$\mathrm{CH_3 - CHOH - CH_2 - CH_2 - CH_3} \quad \text{éb. } 119°5$$

et un tiers d'une huile bouillant à 220°-225° à laquelle ils assignent la constitution



$$\begin{array}{l} \mathrm{CH_3 - CH_2 - CH_2 - C - OH - CH_3} \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \\ \mathrm{CH_3 - CH_2 - CH_2 - C - OH - CH_3.} \end{array}$$

Il est curieux de noter que l'hydrogénation au moyen de sodium et de l'éther aqueux mène à une rupture de la chaîne

---

(*) *Journ. of the Chem. Society,* 1891, p. 875.

triméthylénique par fixation d'hydrogène et que l'hydrogénation au moyen du sodium et de l'alcool anhydre respecte cette même chaîne triméthylénique.

Étant donné l'intérêt que présentait ce mode d'action différent, j'ai repris l'hydrogénation de la même cétone en me plaçant dans les conditions où Marshall et Perkin l'avaient réalisée.

J'ai mis 15 grammes d'acétone en solution dans 200 centimètres cubes d'éther surnageant à 200 centimètres cubes d'eau, puis j'ai ajouté petit à petit 30 grammes de sodium en refroidissant le récipient de façon que la température du liquide ne s'élève pas à plus de 30°. Le résidu de l'évaporation de l'éther soumis à la rectification m'a donné un produit éb. 118°5-119° et un produit très visqueux éb. 238°-242°.

Le produit bouillant à 118°-119° présentait une densité à 20°/4° = 0.8303. Son indice de réfraction à 20° (raie D du sodium) était 1.4127.

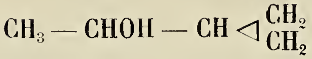
Cela donnait un indice de réfraction moléculaire de 26.38, alors que l'indice calculé pour le méthylpropylcarbinol est 26.638.

J'ai ensuite soumis ce produit à l'action de HBr ; je n'ai pas observé l'éthérification et la séparation d'eau immédiate comme je l'ai toujours observée pour les alcools triméthyléniques. J'ai alors abandonné le produit plusieurs jours en contact avec une solution aqueuse, fumante de HBr et à la température ordinaire. Au bout de ce temps, j'ai lavé et séché, puis distillé le produit ; il m'a donné un bromure éb. 118° qui possédait une densité de 1.2173, et il me restait un peu d'un produit bouillant vers 200° et qui est du bibromure.

Il s'est donc formé dans l'hydrogénation de la méthyltriméthylènecétone, menée comme je l'ai signalé plus haut, une grande quantité de méthylpropylcarbinol

$$CH_3 - CHOH - CH_2 - CH_2 - CH_3 \quad \text{éb. } 118°\text{-}119°$$

et fort peu de méthyltriméthylènecarbinol

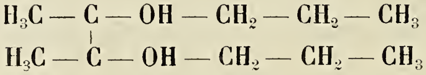


$$CH_3-CHOH-CH\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2}$$ éb. 119°.

Il est donc bien établi qu'il s'est fait : 1° surtout du méthylpropylcarbinol dont le bromure ne pouvait pas subir l'action de HBr, ce qui confirme les résultats de Marshall et Perkin; 2° il s'est formé un peu de méthyltriméthylènecarbinol puisque j'ai obtenu un peu de bibromure après l'action de HBr.

Ce détail échappait facilement à Marshall et Perkin qui n'ont pas essayé l'action de HBr et cet alcool ne pouvait pas influencer pour sa petite quantité les résultats des combustions. Quant au produit éb. : 238°-242° que j'ai obtenu à côté des deux premiers, il présentait une densité à 20°/4° de 0.9435. Son indice de réfraction à 20° est pour la raie D du sodium 1.45996.

L'indice de réfraction moléculaire pour le composé

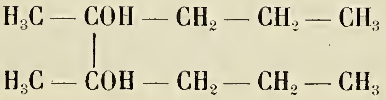


$$\begin{array}{l} H_3C-C-OH-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \quad\;\; | \\ H_3C-C-OH-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$$

est 51.174.

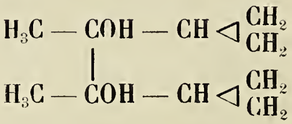
J'ai trouvé 50.43.

Cependant, vu le résultat obtenu pour le méthyltriméthylène et le méthylpropylcarbinols, il se peut fort bien qu'ici aussi on ait un mélange de diverses pinacones, soient :



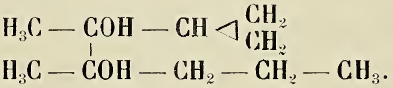
$$\begin{array}{l} H_3C-COH-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \qquad\;\; | \\ H_3C-COH-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$$

et



$$\begin{array}{l} H_3C-COH-CH\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2} \\ \qquad\;\; | \\ H_3C-COH-CH\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2} \end{array}$$

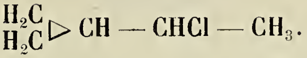
ou peut-être le composé mixte



$$\begin{array}{l} H_3C-COH-CH\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2} \\ \qquad\;\; | \\ H_3C-COH-CH_2-CH_2-CH_3. \end{array}$$

Aussi établir la nature de ce glycol substitué devient un problème complexe.

Le chlorure du méthyltriméthylènecarbinol



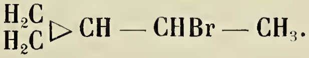
$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\!\rhd CH - CHCl - CH_3.$$

J'ai préparé ce corps en faisant passer de l'acide chlorhydrique dans le méthyltriméthylènecarbinol. La séparation de l'eau et l'obtention du chlorure est immédiate.

C'est un liquide incolore, à odeur éthérée, bouillant à 105°-106° à la pression de 750 millimètres.

Les dosages de chlore (par la méthode à la chaux) dans ce composé m'ont donné des chiffres trop faibles.

Le bromure du méthyltriméthylènecarbinol



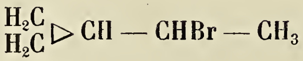
$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\!\rhd CH - CHBr - CH_3.$$

J'ai obtenu ce composé en faisant passer HBr dans le méthyltriméthylènecarbinol. Afin que l'échauffement dû à la réaction ne soit pas trop considérable, j'ai refroidi. L'éthérification est immédiate et complète. J'ai ensuite distillé le produit, lavé d'abord à l'eau et puis à l'eau alcalinisée et, enfin, séché sur $CaCl_2$.

Il bout à 118°-120° à la pression de 751 millimètres. C'est un liquide incolore, mobile, à odeur éthérée, insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés. Ce produit présentait une densité à 20°/4° de 1.4552 et ne contenait que 46.52 °/₀ et 46.71 °/₀ de brome, d'après deux dosages faits suivant la méthode à la chaux, alors que le bromure du méthyltriméthylènecarbinol en exige 53.69 °/₀. Il est probable qu'il contenait du méthylpropylcarbinol éb. : 119° provenant de l'hydrogénation de la chaîne triméthylénique qui se ferait très facilement dans le méthyltriméthylènecarbinol, et cet alcool-là ne s'éthérifie plus aussi facilement que ce dernier par HBr.

Action de HBr *sur le bromure du méthyltriméthylène-carbinol.*

L'action de HBr sur



$$\begin{matrix} H_2C \\ H_2C \end{matrix} \triangleright CH - CHBr - CH_3$$

pour ouvrir la chaîne triméthylénique et s'y fixer est des plus rapides. En effet, lors de la préparation du bromure de méthyltriméthylènecarbinol, malgré la précaution prise de ne pas laisser s'échauffer le liquide dans lequel passait l'acide bromhydrique, malgré un lavage à l'eau immédiat du produit, à la distillation, j'ai pu séparer le liquide en une partie bouillant à 118°-120° et qui est le bromure mélangé d'alcool, tandis qu'une partie tout aussi considérable restait dans le ballon. Celle-ci était constituée presque uniquement de bibromure, comme le montre sa densité élevée, qui est 1.590. (La densité du bibromure est 1.6222, celle du bromure triméthylénique 1.1552.)

J'ai préparé antérieurement (*) les bromures du triméthylènecarbinol, du butyltriméthylènecarbinol, de l'éthylpropyltriméthylènecarbinol : jamais ces préparations n'ont donné lieu à la formation d'une grande quantité de bibromure.

Il semble donc que c'est dans cet alcool que se trouve au maximum la facilité d'addition de l'acide bromhydrique à la chaîne triméthylénique ; il en serait peut-être de même pour la facilité d'hydrogénation de cette chaîne.

Sur le méthyltriméthylènecarbinol, j'ai fait aussi agir HBr en solution aqueuse concentrée pendant deux jours environ.

L'éthérification est rapide ; puis l'acide bromhydrique s'est complètement fixé sur la chaîne triméthylénique et a donné un produit que j'ai analysé sans distillation, après simple lavage à l'eau et à l'eau alcaline.

(*) *Bull. de la Soc. chim. de Belgique*, 1910, p. 396.

Il a pour densité à 20°/4° 1.6222.

Le dosage de brome par la méthode à la chaux a donné :

I. 69.16 %.

II. 68.97 %,

alors que la teneur en brome calculée pour le bibromure est 69.56 %.

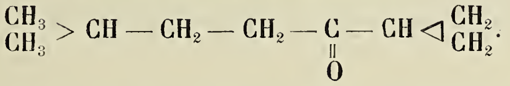
Ce produit bout à 196°-198° à la pression de 746 millimètres, en dégageant des fumées d'HBr.

C'est probablement

$$CH_3 - CHBr - CH_2 - CH_2 - CH_2Br,$$

dont le point d'ébullition est 200°-202° (*).

L'isoamyltriméthylènecétone



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{\displaystyle O}{\|}}{C} - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

J'ai obtenu ce corps par l'action de la combinaison de l'isoamylbromure de magnésium et du nitrile éthyléno-acétique; le produit d'addition décomposé par l'eau et un acide fournit avec un bon rendement l'acétone.

C'est un liquide incolore, insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés, éther, etc. Il possède une odeur de menthe.

Il bout à 183°-185° à la pression de 755 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.87408.

Son indice de réfraction à 20° est 1.44064 (raie D du sodium).

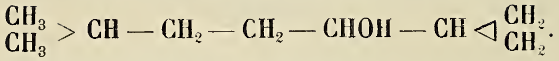
Ce qui donne un indice de réfraction moléculaire de 42.40, alors que cet indice calculé est 41.612.

La semi-carbazone de cet acétone fond à 140°-141° (**).

(*) *Lipp. Berichte,* 22, p. 2570.

(**) La méthyltriméthylènecétone m'a donné une semi-carbazone fus. : 118°-120°; la propyltriméthylènecétone, une semi-carbazone fus. : 119°-120°; l'isobutyltriméthylènecétone fus. : 138°-139°, et la butyltriméthylènecétone, fus. : 105°-106°.

L'isoamyltriméthylènecarbinol



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

J'ai obtenu ce corps par l'hydrogénation au moyen du sodium et de l'alcool anhydre, de l'isoamyltriméthylènecétone.

C'est un liquide incolore, visqueux, peu soluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés et présentant une odeur rappelant celle du citron.

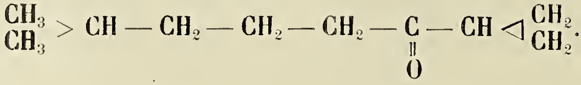
Il bout à 188°-189° à la pression de 766 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.8631.

Son indice de réfraction à 20° est 1.44405 (raie D du sodium).

Ces deux chiffres mènent à un indice de réfraction moléculaire de 43.70, alors que cet indice calculé est de 42.948.

L'isohexyltriméthylènecétone



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \underset{\substack{\| \\ O}}{C} - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

J'ai préparé cette acétone par l'action de l'isohexylbromure de magnésium (*) sur le nitrile éthylénoacétique et décomposition ultérieure par l'eau et l'acide chlorhydrique du produit d'addition.

Ce composé est un liquide incolore, mobile, à odeur de menthe, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et les dissolvants organiques.

(*) J'ai obtenu l'alcool isohexylique qui a servi à cette préparation par la réaction de l'isoamylbromure de magnésium sur le trioxyméthylène en poudre.

En décomposant par l'eau le produit d'addition, on obtient l'alcool isohexylique primaire et aussi la combinaison de cet alcool avec l'aldéhyde formique.

Il suffit de chauffer un certain temps cette combinaison avec l'alcool méthylique et un peu d'acide chlorhydrique pour obtenir la régénération de l'alcool isohexylique.

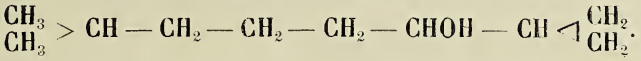
Il bout à 200°-202° à la pression de 739 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.8631.

Son indice de réfraction à la température de 20° est 1.44325 (raie D du sodium).

L'indice de réfraction moléculaire calculé est 46.215 et l'indice trouvé est 47.30.

L'isohexyltriméthylènecarbinol



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

J'ai préparé cet alcool par l'hydrogénation de l'isohexyltriméthylènecétone au moyen de l'alcool éthylique et du sodium.

C'est un liquide incolore, visqueux, à odeur de citron.

Insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés, éther, alcool, etc.

Il bout à 206°-207° à la pression de 747 millimètres.

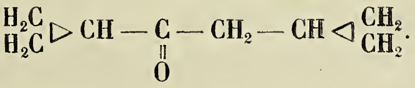
Sa densité à 20°/4° est 0.8603.

Son indice de réfraction à 20° est 1.44345 (raie D du sodium).

L'indice de réfraction moléculaire calculé est 47.551, le même indice trouvé 48.07.

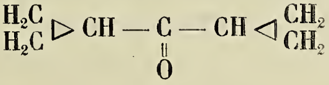
DÉRIVÉS DITRIMÉTHYLÉNIQUES.

L'acétyl ditriméthylène



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix} \triangleright CH - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH_2 - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

Dans une précédente étude sur les dérivés triméthyléniques (*), je m'étais proposé d'obtenir la ditriméthylènecétone



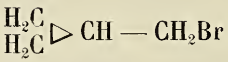
$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix} \triangleright CH - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

(*) *Bull. de la Soc. chim. de Belgique*, 24, p. 401.

par la déshydratation et décarburation catalytiques sur la thorine de l'acide éthylénoacétique; tous mes essais dans ce but ne m'ont pas donné de résultats très favorables; j'ai néanmoins obtenu un produit que j'ai considéré comme la semi-carbazone de cette cétone.

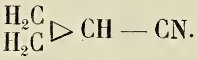
Désirant cependant, par suite de l'intérêt qu'offrait cette nouvelle classe de dérivés où se trouvent accumulées les deux chaînes cycliques, en obtenir un type, j'ai essayé de préparer son homologue supérieur, l'acétylditriméthylène. Cette fois mes résultats ont été plus heureux.

J'ai obtenu ce corps en faisant réagir le bromure du triméthylènecarbinol



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH - CH_2Br$$

sur le magnésium et en traitant ce produit organomagnésien par le nitrile éthylénoacétique



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH - CN.$$

Le produit d'addition qui cristallise au sein de l'éther décomposé par l'eau et un acide donne l'acétone.

C'est un liquide incolore, mobile, insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants organiques, à odeur peu agréable, dans le genre de celle de la méthyltriméthylènecétone.

Cette acétone bout à 175°-177° à la pression de 759 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.9149.

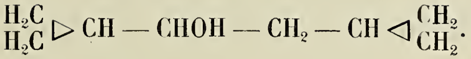
Son indice de réfraction à la même température est 1.45787 (raie D du sodium).

Nous avons ainsi un indice de réfraction moléculaire de 36.97, alors que l'indice calculé est 34.907 (*).

La semi-carbazone de cette acétone fond à 82°-83°.

(*) Voir troisième partie de ce travail : Influence constitutive de la chaîne triméthylénique sur l'indice de réfraction moléculaire.

Le ditriméthylèneéthanol



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\triangleright CH-CHOH-CH_2-CH\triangleleft\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}.$$

J'ai préparé ce corps en hydrogénant au moyen de l'alcool anhydre et du sodium l'acétone précédente.

C'est un liquide visqueux, à odeur fade et fruitée, analogue à celle du méthyltriméthylènecarbinol, incolore, insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés.

Il bout à 179°-180° à la pression de 770 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.9054.

Son indice de réfraction à 20° est 1.46036 (raie D du sodium).

Ces deux chiffres nous donnent un indice de réfraction moléculaire de 38.130, alors que cet indice calculé est 36.234.

Action de l'acide bromhydrique sur le ditriméthylèneéthanol.

Lorsque j'ai fait passer dans cet alcool l'acide bromhydrique gazeux, il s'est produit un échauffement assez rapide, que j'ai, du reste, modéré en refroidissant. A un moment donné, le liquide se trouble par formation de gouttelettes d'eau, et bientôt il se sépare en deux couches. L'éthérification devient immédiate.

Ce bromure est resté alors cinq à six jours en contact avec la solution aqueuse, fumante, d'acide bromhydrique. Au bout de ce temps, j'ai lavé le produit à l'eau et ensuite à l'eau alcalinisée, puis je l'ai séché sur $CaCl_2$ et je l'ai analysé comme tel.

Sa densité à 20°/4° est 1.535.

Deux dosages de brome, par la méthode à la chaux, ont donné 58.33 °/₀ et 59.02 °/₀ de brome.

Or, en admettant que les deux chaînes triméthyléniques aient fixé chacune une molécule de HBr pour donner un bromure tel que

$$CH_2Br - (CH_2)_3 - CHBr - (CH_2)_2 - CH_2Br$$

ou un de ses isomères, ce produit devrait contenir 68.38 °/₀ de brome.

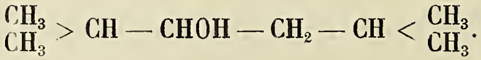
D'autre part, un produit où une seule chaîne triméthylénique aurait fixé HBr, contient 59.26 °/₀ de brome. C'est donc ce dernier cas qui s'est réalisé.

Il y a lieu d'admettre que c'est la chaîne triméthylénique voisine du chaînon primitivement alcool qui additionne l'acide bromhydrique, tandis que l'autre chaîne triméthylénique jouirait d'une stabilité relativement plus grande vis-à-vis de l'acide bromhydrique.

Il serait intéressant de voir ce que donnerait l'hydrogénation de l'acétylditriméthylène au moyen de l'éther aqueux et du sodium; nous avons vu que cette hydrogénation rompt la chaîne de la méthyltriméthylènecétone. Ici y aurait-il fixation d'hydrogène sur une seule des deux chaînes, puisqu'elles semblent se comporter différemment vis-à-vis de HBr, ou bien y aurait-il hydrogénation complète?

NOTE SUR QUELQUES ALCOOLS ISOPROPYLIQUES SECONDAIRES.

L'isobutylisopropylcarbinol



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CHOH - CH_2 - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}.$$

J'ai obtenu ce corps par l'action de l'isobutylbromure de magnésium sur l'aldéhyde isobutyrique et traitement ultérieur du produit d'addition par l'eau et un acide.

C'est un liquide incolore, visqueux, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les dissolvants carbonés. Il présente une odeur pénétrante de thym.

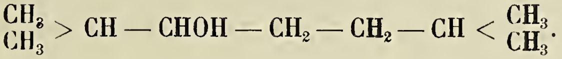
Il bout à 157°-158° à la pression de 760 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.8212.

Son indice de réfraction à 20° est 1.42461 (raie D du sodium).

Cela nous donne un indice de réfraction moléculaire 40.49, alors que ce même indice calculé est 40.447.

L'isoamylisopropylcarbinol



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}{>}CH-CHOH-CH_2-CH_2-CH{<}\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}.$$

J'ai obtenu cet alcool par l'action de l'isoamylbromure de magnésium sur l'aldéhyde isobutyrique et traitement ultérieur du produit de la réaction par l'eau et un acide.

C'est un liquide incolore, visqueux, guère soluble dans l'eau, mais soluble dans les dissolvants carbonés.

Il présente une odeur forte et agréable de mélisse.

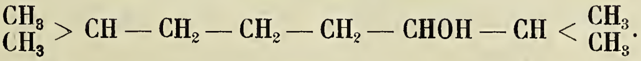
Il bout à 175° à la pression de 760 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.8212.

Son indice de réfraction à 20° est 1.42461 (raie D du sodium).

Cela nous donne un indice de réfraction moléculaire 45.11, alors que cet indice calculé est 45.05.

L'isohexylisopropylcarbinol



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}{>}CH-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH{<}\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}.$$

J'ai préparé ce corps par l'action de l'isohexylbromure de magnésium sur l'aldéhyde isobutyrique et décomposition du produit d'addition par l'eau et un acide.

Cet alcool constitue un liquide visqueux, incolore, à odeur analogue à celle du précédent, mais moins forte.

Insoluble dans l'eau, soluble dans les dissolvants carbonés.

Il bout à 193°-194° à la pression de 756 millimètres.

Sa densité à 20°/4° est 0.8152.

Son indice de réfraction à 20° est 1.43021 (raie D du sodium).

Son indice de réfraction moléculaire calculé est 49.653, l'indice trouvé est 50.07.

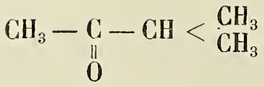
SECONDE PARTIE.

Examen comparatif des propriétés physiques des dérivés triméthyléniques par rapport aux dérivés isopropyliques correspondants (*).

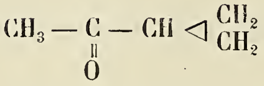
I. — VOLATILITÉ.

VOLATILITÉ DES DÉRIVÉS TRIMÉTHYLÉNIQUES COMPARÉE A CELLE DES DÉRIVÉS ISOPROPYLIQUES CORRESPONDANTS.

1° *Acétones.*

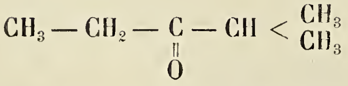


$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$ 94°

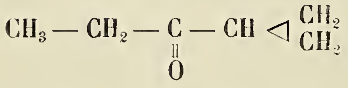


$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH\triangleleft\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$ 114°

20°

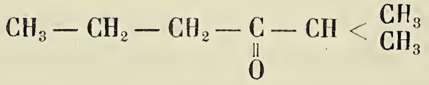


$CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$ 114°

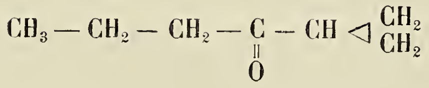


$CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH\triangleleft\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$ 133°

19° (*)



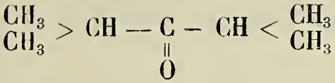
$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$ 129°-130°



$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH\triangleleft\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$ 150°

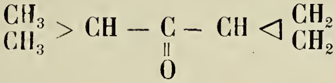
19°-20°

(*) Les relations marquées d'un astérisque sont empruntées au travail de M. P. Bruylants, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1908, p. 1011.



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

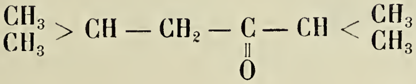
125°



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

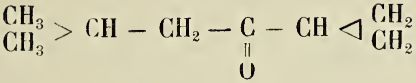
140°

15° (*)



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

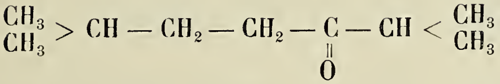
147°



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

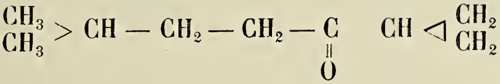
161°

15°



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

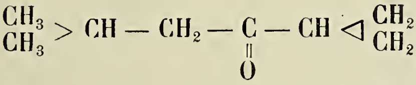
171°



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} \quad CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

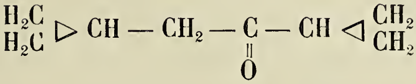
184°

13°



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

161°-163°



$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix} \rhd CH - CH_2 - \underset{\overset{\|}{O}}{C} - CH \lhd \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}$$

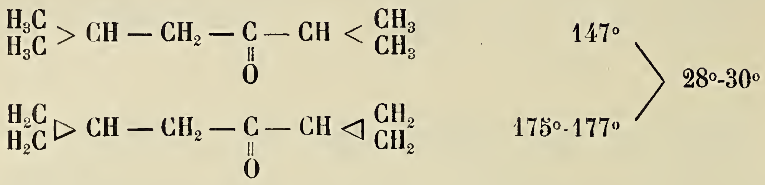
175°-177°

14°

Il résulte de l'examen de ce tableau que la différence de volatilité entre le dérivé à chaîne ramifiée et celui à chaîne cyclique est de 19°-20° pour les termes méthyl, éthyl et propyl normaux, tandis que pour les termes isopropyl, isobutyl, isoamyl, cette différence n'est que de 13° à 15°.

De même lorsqu'on compare l'isobutyltriméthylènecétone et l'acétylditriméthylène, on voit que l'introduction de la seconde chaîne cyclique s'accompagne de la même diminution de volatilité que l'introduction de la première chaîne cyclique, dans les termes isopropyl, isobutyl, isoamyl : isopropyliques, soit 14°.

Donc entre le dérivé deux fois ramifié et le dérivé deux fois triméthylénique, nous aurons la différence de volatilité de 14° ou 15° doublée, soit 28° à 30°.

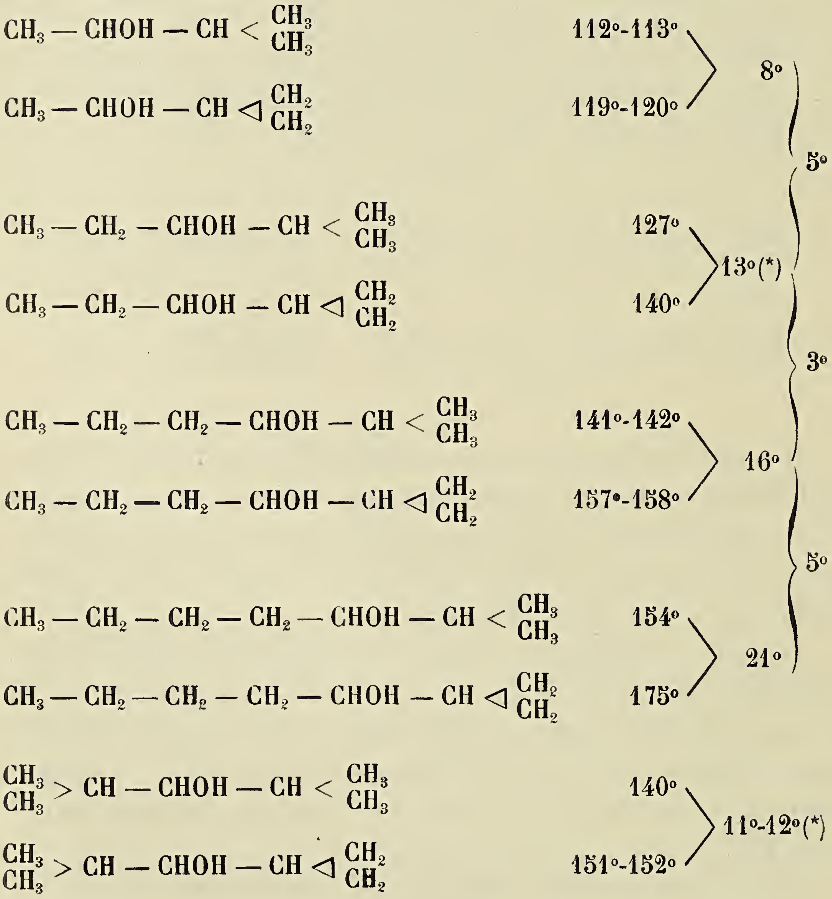


$$\begin{matrix}H_3C\\H_3C\end{matrix} > CH - CH_2 - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 147^\circ$$

$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix} \triangleright CH - CH_2 - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 175^\circ\text{-}177^\circ$$

28°-30°

2° *Alcools.*



$$CH_3 - CHOH - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 112^\circ\text{-}113^\circ$$

$$CH_3 - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 119^\circ\text{-}120^\circ$$

8°

5°

$$CH_3 - CH_2 - CHOH - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 127^\circ$$

$$CH_3 - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 140^\circ$$

13°(*)

3°

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 141^\circ\text{-}142^\circ$$

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 157^\circ\text{-}158^\circ$$

16°

5°

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 154^\circ$$

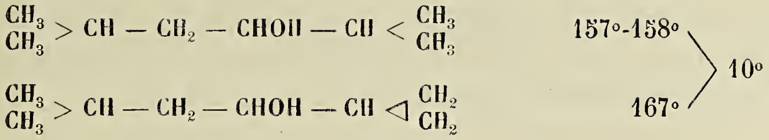
$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 175^\circ$$

21°

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CHOH - CH < \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} \qquad 140^\circ$$

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} > CH - CHOH - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix} \qquad 151^\circ\text{-}152^\circ$$

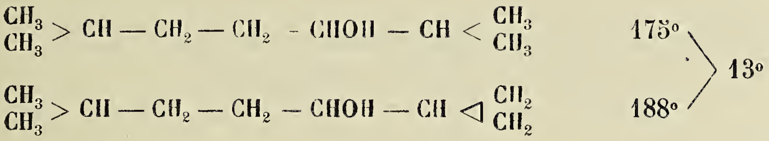
11°-12°(*)



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CHOH-CH<\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\quad 157^\circ\text{-}158^\circ$$

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 167^\circ$$

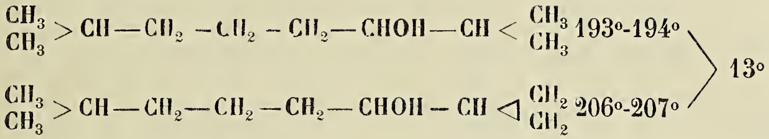
$$10^\circ$$



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CH_2-CHOH-CH<\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\quad 175^\circ$$

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 188^\circ$$

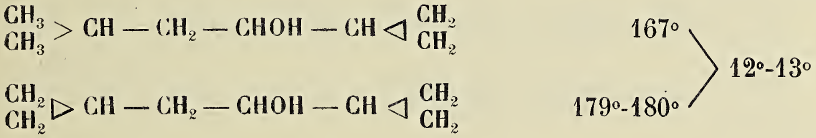
$$13^\circ$$



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH<\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\quad 193^\circ\text{-}194^\circ$$

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 206^\circ\text{-}207^\circ$$

$$13^\circ$$



$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>CH-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 167^\circ$$

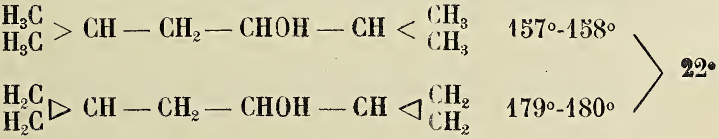
$$\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\!\rhd CH-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 179^\circ\text{-}180^\circ$$

$$12^\circ\text{-}13^\circ$$

En comparant les alcools isopropyliques aux alcools triméthyléniques, on voit que dans les dérivés à chaîne rectiligne la différence de volatilité augmente avec le poids moléculaire : elle est de 8° pour le terme méthyl, de 13° pour l'éthyl, de 16° pour le propyl et de 21° pour le butyl.

D'autre part, dans les dérivés à chaîne ramifiée, la différence de 12° se maintient constante en faveur du dérivé triméthylénique; il en est ainsi pour l'isopropyl, l'isobutyl, l'isoamyl, l'isohexyl : isopropylcarbinols, et même lorsqu'on compare l'isobutyltriméthylènecarbinol au ditriméthylèneéthanol, cette même différence se retrouve.

Lorsqu'on compare l'isobutylisopropylcarbinol au ditriméthylèneéthanol



$$\begin{matrix}H_3C\\H_3C\end{matrix}\!>CH-CH_2-CHOH-CH<\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\quad 157^\circ\text{-}158^\circ$$

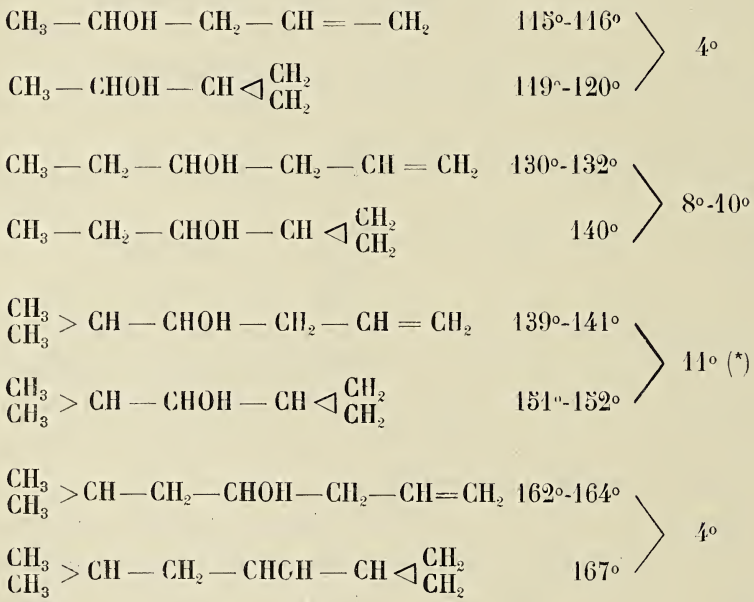
$$\begin{matrix}H_2C\\H_2C\end{matrix}\!\rhd CH-CH_2-CHOH-CH\lhd\!\begin{matrix}CH_2\\CH_2\end{matrix}\quad 179^\circ\text{-}180^\circ$$

$$22^\circ$$

on voit que l'on a 22° de différence, soit deux fois 11°, influence moyenne d'une seule chaîne triméthylénique sur la volatilité dans les alcools à chaîne ramifiée.

VOLATILITÉ DES DÉRIVÉS TRIMÉTHYLÉNIQUES COMPARÉE A CELLE DES DÉRIVÉS ALLYLIQUES CORRESPONDANTS.

Alcools (*).



$CH_3-CHOH-CH_2-CH=-CH_2$	115°-116°	4°
$CH_3-CHOH-CH\lhd\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2}$	119°-120°	
$CH_3-CH_2-CHOH-CH_2-CH=CH_2$	130°-132°	8°-10°
$CH_3-CH_2-CHOH-CH\lhd\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2}$	140°	
$\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_3}{CH_3}>CH-CHOH-CH_2-CH=CH_2$	139°-141°	11° (*)
$\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_3}{CH_3}>CH-CHOH-CH\lhd\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2}$	151°-152°	
$\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_3}{CH_3}>CH-CH_2-CHOH-CH_2-CH=CH_2$	162°-164°	4°
$\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_3}{CH_3}>CH-CH_2-CHCH-CH\lhd\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_2}{CH_2}$	167°	

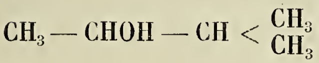
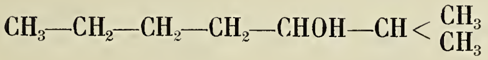
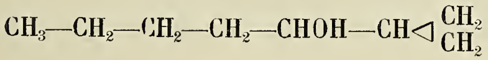
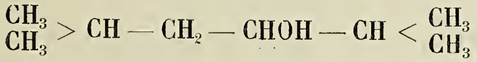
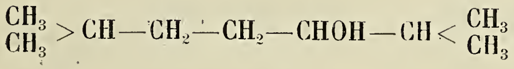
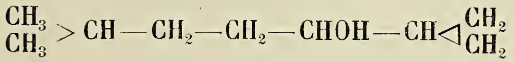
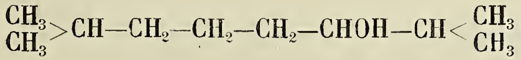
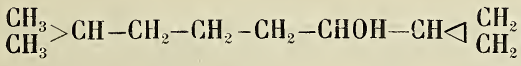
On ne peut rien conclure d'après ces données; du reste, le nombre de dérivés allyliques connus est insuffisant.

(*) Le nombre d'acétones allyliques bien connues est trop restreint que pour comparer ces dérivés.

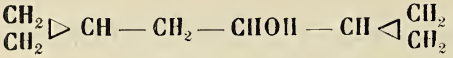
II. — DENSITÉ.

DENSITÉ DES DÉRIVÉS TRIMÉTHYLÉNIQUES COMPARÉE A CELLE DES DÉRIVÉS ISOPROPYLIQUES CORRESPONDANTS (*).

Alcools.

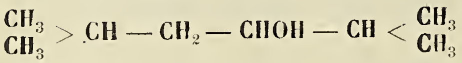
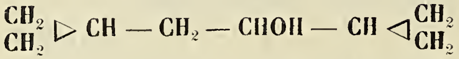
 $\mathrm{CH_3-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	19°	0.819	0.062
$\mathrm{CH_3-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8813	
$\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	17°	0.821	0.049
$\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8689	
 $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	20°/20°	0.825	0.046
 $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8712	
 $\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	20°/4°	0.8212	0.042
$\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8639	
 $\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CH_2-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	20°/4°	0.8212	0.042
 $\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CH_2-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8631	
 $\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH}<\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}$	20°/4°	0.8152	0.0451
 $\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_3}}{\mathrm{CH_3}}>\mathrm{CH-CH_2-CH_2-CH_2-CHOH-CH}\triangleleft\genfrac{}{}{0pt}{}{\mathrm{CH_2}}{\mathrm{CH_2}}$	20°/4°	0.8603	

(*) Les données sur les acétones isopropyliques ne sont pas suffisantes pour pouvoir étendre les relations à ces composés.

${CH_3 \atop CH_3} > CH - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	20°/4°	0.8637	0.0415
 ${CH_2 \atop CH_2} \triangleright CH - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	20°/4°	0.9054	

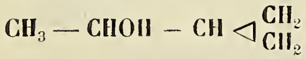
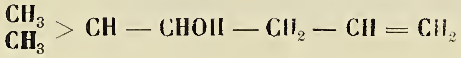
L'examen de ce tableau fait ressortir une différence constante de 0.043 en moyenne en faveur de la densité du dérivé triméthylénique, aussi bien lors de la transformation de la première chaîne isopropylique en chaîne cyclique que lors de la transformation de la deuxième chaîne isopropylique en chaîne triméthylénique, comme c'est le cas pour le ditriméthylène-éthanol.

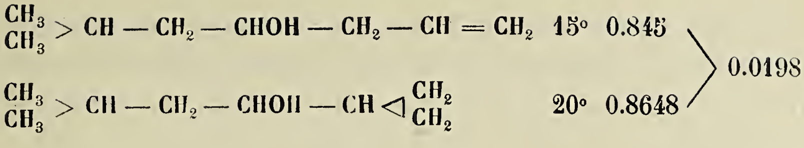
La valeur de 0.042 se trouve donc doublée lorsqu'on compare l'isobutyltriméthylènecarbinol au ditriméthylèneéthanol

 ${CH_3 \atop CH_3} > CH - CH_2 - CHOH - CH < {CH_3 \atop CH_3}$	0.8212	0.0842
 ${CH_2 \atop CH_2} \triangleright CH - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	0.9054	

DENSITÉ DES DÉRIVÉS TRIMÉTHYLÉNIQUES
COMPARÉE A CELLE DES DÉRIVÉS ALLYLIQUES CORRESPONDANTS.

Alcools.

$CH_3 - CHOH - CH_2 - CH = CH_2$	20°/20°	0.834	0.047
 $CH_3 - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	20°/20°	0.8813	
$CH_3 - CH_2 - CHOH - CH_2 - CH = CH_2$	18°	0.8430	0.044
$CH_3 - CH_2 - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	20°/20°	0.8871	
 ${CH_3 \atop CH_3} > CH - CHOH - CH_2 - CH = CH_2$	15°	0.846	0.033
${CH_3 \atop CH_3} > CH - CHOH - CH \triangleleft {CH_2 \atop CH_2}$	20°	0.8793	



$$\left.\begin{array}{ll}\begin{smallmatrix}CH_3\\CH_3\end{smallmatrix}\!> CH-CH_2-CHOH-CH_2-CH=CH_2 & 15^\circ\ 0.845\\[1em] \begin{smallmatrix}CH_3\\CH_3\end{smallmatrix}\!> CH-CH_2-CHOH-CH\!\vartriangleleft\!\begin{smallmatrix}CH_2\\CH_2\end{smallmatrix} & 20^\circ\ 0.8648\end{array}\right\rangle 0.0198$$

On voit ici que la différence de densité s'atténue sensiblement au fur et à mesure de l'augmentation des poids moléculaires.

TROISIÈME PARTIE.

Influence constitutive de la chaîne triméthylénique sur le pouvoir réfringent moléculaire.

Cette question a attiré mon attention, comme je disposais d'une série assez complète de dérivés triméthyléniques et surtout que j'ai réussi à obtenir des dérivés contenant deux fois la chaîne triméthylénique dans leur molécule.

J'ai fait les déterminations des indices de réfraction à 20° raie D du sodium, et les densités prises à 20° ont été rapportées à l'eau à 4°.

Tous les soins ont été pris pour assurer la précision des observations. Voici les résultats obtenus pour quelques dérivés :

Acide éthylénoacétique. Indice moléculaire :	trouvé	20.880	>0.762
D 20°/4° 1.0874. Indice de réfraction : 1.4404	calculé	20.118	
Éthylénoacétate d'éthyle. Indice moléculaire :	trouvé	30.060	>0.736
D 20°/4° 0.9636. Indice de réfraction : 1.42181	calculé	29.324	
Butyltriméthylènecétone. Indice moléculaire :	trouvé	37.71	>0.71
D 20°/4° 0.8773. Indice de réfraction : 1.43813	calculé	37.00	
Isoamyltriméthylènecétone. Indice moléculaire :	trouvé	42.40	>0.788
D 20°/4° 0.87408. Indice de réfraction : 1.44064	calculé	41.612	
Propyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire :	trouvé	34.45	>0.71
D 20°/4° 0.8689. Indice de réfraction : 1.43793	calculé	33.74	
Isoamyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire :	trouvé	43.70	>0.752
D 20°/4° 0.8631. Indice de réfraction : 1.44405	calculé	42.948	

La valeur moyenne de 0.74 est assez constante : on peut donc l'attribuer à l'existence de la chaîne triméthylénique ; elle cadre du reste assez bien avec la valeur de 0.66 admise par Demjanow (*).

Il y a quelques composés cependant pour lesquels la valeur de l'incrément varie, mais cependant dans des limites suffisamment restreintes que pour pouvoir les mettre sur le compte des erreurs d'observation ou de l'insuffisance de pureté de ces produits.

Isobutyltriméthylènecétone. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.8726. Indice de réfraction : 1.43513	trouvé 37 670 calculé 37.009	>0.661
Isohexyltriméthylènecétone. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.8631. Indice de réfraction : 1.44325	trouvé 47.30 calculé 46.215	>1.085
Isohexyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.8603. Indice de réfraction : 1.44345	trouvé 48.07 calculé 47.551	>0.519
Isobutyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.8639. Indice de réfraction : 1.43733	trouvé 38.820 calculé 38.345	>0.475
Butyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.8712. Indice de réfraction : 1.44145	trouvé 38.79 calculé 38.345	>0.445
Méthyltriméthylènecarbinol. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.88045. Indice de réfraction : 1.42461	trouvé 24.930 calculé 24.536	>0.394

Pour ce qui concerne les dérivés ditriméthyléniques :

Acétylditriméthylène. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.91496. Indice de réfraction : 1.45787	trouvé 36.97 calculé 34.907	>2.063
Ditriméthylèneéthanol. Indice moléculaire : D 20°/4° 0.9054. Indice de réfraction : 1.46036	trouvé 38.130 calculé 36.234	>1.896

Ce qui fait qu'en admettant 0.74 pour la valeur de la première chaîne triméthylénique, la seconde aurait pour valeur

---

(*) *Berichte D. Chem. Ges.*, 1907, p. 4398.

2.063-0.740, soit 1.323 dans le cas de l'acétylditriméthylène, et 1.896-0.740, soit 1.156 dans le cas du ditriméthylène-éthanol.

D'après ces chiffres, 1.323 serait la valeur de l'incrément de la seconde chaîne triméthylénique au sein d'une molécule.

Il semble bien y avoir là une influence constitutive spéciale résultant de l'accumulation des deux chaînes triméthyléniques. Cependant ce fait devrait être confirmé par de plus nombreuses observations sur les dérivés ditriméthyléniques.

Je ferai toutefois remarquer que des phénomènes analogues ont déjà été observés par Brühl (*), notamment pour des dérivés aromatiques où il y avait accumulation des chaînes cycliques pour constituer la molécule, tels le phénanthrène et la naphtaline. Leur réfraction moléculaire trouvée est plus grande que celle calculée en ne tenant compte que de leur formule brute et du nombre de soudures éthyléniques présentes. L'auteur dit que la réfraction moléculaire de ces composés est exaltée.

Moureu (**) a observé également le fait de l'exaltation du pouvoir réfringent moléculaire pour les dérivés où il y avait accumulation de soudures acétyléniques et de chaînes benzéniques.

A. Haller et P.-Th. Müller (***) ont constaté que non seulement les radicaux cycliques et non saturés donnaient lieu à l'exaltation de la réfraction moléculaire, mais que même l'accumulation des radicaux négatifs, notamment CN, donnait le même résultat.

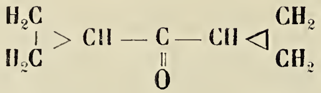
On voit donc que l'exaltation de la réfraction moléculaire est le fait d'influences spécifiques très diverses qu'il y a grand intérêt à connaître en plus grand nombre possible.

(*) Brühl, *Berichte D. Chem. Ges.*, XL, 1907, pp. 878, 1153.

(**) Moureu, *Ann. Chim. et Phys.*, VIII^e sér., t. VII, p. 1.

(***) A. Haller et P.-Th. Müller, *Id.*, VIII^e sér., t. XIV, p. 125; VIII^e sér., t. XV, p. 298.

Lorsque je me suis occupé en premier lieu de la synthèse de la ditriméthylènecétone



$$\begin{matrix}H_2C\\ |\\ H_2C\end{matrix} > CH - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH \triangleleft \begin{matrix}CH_2\\ \\ CH_2\end{matrix}$$

par la déshydratation et la décarburation catalytiques sur la thorine de l'acide éthylénoacétique, par la méthode de M. Senderens, j'ai obtenu un peu de liquide bouillant entre 160° et 170° (760 mm.) qui m'a donné une semi-carbazone fus. 85°-86° (*). Je n'avais point alors renseigné les autres données que je possédais concernant ce produit.

J'avais, en effet, déterminé la densité 20°/20° 0.9222, l'indice de réfraction à 20° (raie D du sodium) 1.4515. Ces valeurs me donnaient un indice de réfraction moléculaire de 32.12, alors que le même indice calculé sans tenir compte des influences triméthyléniques est 30.304. Vu ce peu de concordance, j'ai cru ou bien que le produit n'était pas l'acétone ditriméthylénique, ou bien qu'il y avait eu quelque défaut dans les déterminations faites sur les faibles quantités dont je disposais. Actuellement que les influences des chaînes triméthyléniques sont connues, ces résultats ont leur valeur; ils ne font que confirmer que ce produit était bien l'acétone ditriméthylénique.

En effet, l'indice calculé 30.304 doit être augmenté de 0.74 + 1.323 = 2.063, ce qui fait 32.367, résultat concordant fort bien avec la valeur de 32.12 trouvée.

(*) *Bull. de la Soc. chim. de Belgique*, 1910, p. 401.

Physiologie. — **Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien;**

par Paul DELAVA.

§ 1.

Léon Fredericq, étudiant en 1880 le pouvoir rotatoire des matières protéiques du sérum sanguin, avait reconnu que la *paraglobuline* présente le même pouvoir rotatoire spécifique (— 47°8) chez les différents mammifères (bœuf, cheval, chien, lapin) étudiés par lui. Il était arrivé à un résultat analogue en ce qui concerne l'*albumine* du sérum, qui lui avait également présenté un pouvoir rotatoire identique (—57°3) chez le cheval, le bœuf, le lapin [1]. Seul le sérum de chien lui avait fourni des chiffres aberrants, conduisant à attribuer à l'albumine du sang de cet animal un pouvoir rotatoire spécial (— 44°).

A l'époque où ces recherches avaient été exécutées, on ne possédait pas de bon procédé d'isolement et de purification de l'albumine du sérum. Il pouvait donc rester un certain doute sur l'exactitude du pouvoir rotatoire attribué à l'albumine du chien.

J'ai, sur les conseils de M. Fredericq, repris cette étude en utilisant le procédé moderne de préparation de l'albumine, procédé qui consiste à débarrasser le sérum sanguin de sa paraglobuline par demi-saturation au moyen de sulfate ammonique, et à précipiter ensuite l'albumine par saturation complète du liquide filtré au préalable.

---

[1] Les valeurs suivantes avaient été trouvées précédemment : albumine de l'homme : — 56° (Hoppe-Seyler); homme : — 55°77 et — 62° (Haas); cheval : — 60°05 (Starke), cheval — 61° (Micher-Herkunft).

§ 2. — TECHNIQUE.

Après la saignée par l'artère carotide, le sang, reçu dans des vases absolument secs, chauffés légèrement, est abandonné au repos complet. Le caillot se rétracte et expulse le sérum. De grandes précautions doivent être prises pour empêcher la moindre hémolyse. Le sang du chien est spécialement délicat à manier à ce point de vue. La teinte jaunâtre naturelle du sérum ne présente aucun inconvénient. Mais lorsqu'il se produit une hémolyse suffisante pour rendre le sérum rougeâtre, l'albumine, entraînant avec elle tous les colorants qui peuvent se trouver dans le sérum, donne une solution qu'il est impossible d'examiner au polarimètre avec précision.

Je crois utile de signaler quelques procédés que j'ai employés pour éviter l'hémolyse.

On extrait le sérum à la pipette, sans agiter le vase. Il est ensuite soumis à la force centrifuge qui projette au fond des tubes les globules restés en suspension.

J'ai également obtenu du sérum très clair en centrifugeant le sang aussitôt la coagulation commencée. Le sang était reçu directement dans les vases de la machine à force centrifuge.

J'ai pu préparer des *albumines* très claires en préparant du plasma incolore. J'ajoutais au sang, au sortir de l'artère, une *solution isotonique* d'oxalate sodique, de telle sorte que le *mélange* contînt 1 °/₀₀ d'oxalate. La coagulation était empêchée et l'hémolyse évitée grâce à l'isotonie. L'addition au plasma d'un égal volume de solution saturée de sulfate d'ammonium le débarrassait du fibrinogène et des globulines, et me laissait une solution limpide d'albumine.

Enfin, j'ai également recueilli du sérum aseptiquement pour éviter l'hémolyse, dans des cristallisoirs fermés, stérilisés (chauffés à 180°). Cette méthode m'a donné de nombreux échecs, mais quelques résultats parfaits. Le sérum pouvait être examiné directement au polarimètre avec la plus grande exactitude.

La globuline est complètement précipitée du sérum par addition d'un égal volume d'une solution saturée de sulfate ammonique. Lavée à l'aide d'une solution demi-saturée de $(NH_4)_2SO_4$, redissoute et reprécipitée plusieurs fois, elle donne une solution limpide, opalescente, très propre à l'examen polarimétrique. L'albumine est obtenue par addition de cristaux de sulfate d'ammonium au sérum privé de globuline, jusqu'à la saturation totale qui précipite toute l'albumine. Elle est également lavée, redissoute et reprécipitée.

Les solutions ont été examinées au polarimètre Laurent (lumière monochromatique jaune obtenue par volatilisation du chlorure de sodium).

Les dosages des albuminoïdes dans les solutions examinées étaient faits par pesée après coagulation par l'ébullition ou par addition de cinq ou dix volumes d'alcool. (Filtrés tarés; lavages à l'eau chaude, à l'alcool, à l'éther; incinération et défalcation des cendres, etc.) Je m'assurais toujours que les eaux mères ne contenaient plus d'albuminoïdes.

§ 3. — RÉSULTATS.

I. — *Détermination du pouvoir rotatoire spécifique de l'albumine du sérum de chien.*

Numéro d'ordre.	Longueur du tube du polarimètre.	Rotation gauche observée.	Nombre de cm³ analysés.	Poids du coagulum d'albumine.	Poids d'albumine dans 100 cm³ de solution.	Pouvoir rotatoire spécifique.
	centimètres.			grammes.	grammes.	
1	20	1°36	20	0,270	1,35	50°38
2	20	1°36	10	0,124	1,24	54°84
3	20	0°97	10	0,083	0,83	58°43
4	10	1°13	10	0,207	2,07	54°59
5	10	1°71	10	0,316	3,16	54°11
6	20	2°68	20	0,484	2,42	55°37
7	20	2°98	10	0,289	2,89	51°56
8	10	1°89	30	0,993	3,31	57°10
9	10	0°73	10	0,137	1,37	53°28

Ces résultats donnent un pouvoir spécifique moyen pour la sérumalbumine α (D) = — 54°41.

Le dosage a été fait pour les échantillons 3 et 6 par l'ébullition et pour tous les autres par addition de cinq ou dix volumes d'alcool. L'albumine du sang de chien présente donc un pouvoir rotatoire voisin de celui de l'albumine des autres mammifères.

II. — *Détermination du pouvoir rotatoire spécifique de la paraglobuline du chien et teneur du sérum de chien en paraglobuline.*

Dans ce but, je précipite, à l'aide du sulfate ammonique, la paraglobuline d'un volume connu de sérum, je lave le précipité et je le redissous dans un volume d'eau égal à celui du sérum. C'est cette solution que j'examine au polarimètre et que je dose par pesées.

Les résultats de ces calculs me donnent α (D) pour la globuline, la quantité $^0/_0$ de globuline dans le sérum et la part qu'elle prend à la rotation imprimée par le sérum pur au rayon polarisé.

Numéro d'ordre.	Longueur du tube du polarimètre.	Rotation gauche observée.	Nombre de cm³ analysés.	Poids du coagulum de globuline.	Poids de globuline dans 100 cm³ de sérum.	Pouvoir rotatoire spécifique de la globuline.
	centimètres.			grammes.	grammes.	
1	10	1°39	10	0,291	2.91	47°77
2	10	1°43	10	0 301	3,01	47°51
3	20	2°88	20	0,614	3,07	46°91
4	20	2°84	20	0,588	2,94	48°30
5	10	1°46	20	0,592	2,96	49°32
6	10	1°47	10	0,311	3,11	47°27

D'où pouvoir spécifique moyen α (D) = — 47°84.

Teneur du sérum en globuline : 3 $^{\circ}/_{0}$.

Déviation moyenne imprimée par une solution de globuline à 3 $^{\circ}/_{0}$ (sérum) : 1°43.

III. — *Détermination par différence de la teneur du sérum en albumine.*

J'examine directement au polarimètre le sérum pur et j'y détermine par pesée la quantité d'albuminoïdes, albumine et globuline réunies, puis, par différence d'après les calculs précédents, la quantité d'albumine.

Je puis aussi calculer par différence la part qui revient à l'albumine dans la rotation observée, puis évaluer sa quantité en poids à l'aide de α (D) = — 54°41 trouvé tantôt. Cette quantité déterminée par la méthode optique doit être sensiblement la même que celle obtenue par pesée et par différence.

Voici les résultats de mes analyses de sérum pur :

Numéro d'ordre.	Longueur du tube.	Rotation gauche observée.	Nombre de cm^3 analysés.	Poids du coagulum (albumine + globuline).	Poids des albuminoïdes contenus dans 100 cm^3 de sérum.	Pouvoir rotatoire spécifique du sérum.
	centimètres.			grammes.	grammes.	
1	10	3°27	10	0,617	6,17	52°99
2	20	6°43	20	1,278	6,39	50°31
3	10	3°24	20	1,302	6,51	49°77
4	10	3°16	20	1,238	6,19	51°05
5	20	6°51	10	0,613	6,13	53°09
6	10	3°17	10	0,564	5,64	56°21

Déviation moyenne imprimée par le sérum sous une épaisseur de 10 centimètres : — 3°22.

La part de la globuline étant 1°43, celle de l'albumine est 3°22 — 1°43 = 1°79.

Si le pouvoir rotatoire de l'albumine est — 54°41, nous aurons dans 100 centimètres cubes de sérum $3^{gr}29$ d'albumine.

D'autre part, le dernier tableau nous donne pour 100 centimètres cubes de sérum une moyenne de $6^{gr}17$ de matières albuminoïdes. Retranchons-en 3 de globuline, il nous reste 3°17 d'albumine.

3°17 et 3°29 sont des nombres assez rapprochés pour permettre de croire à l'exactitude des calculs.

Conclusions.

1° Le pouvoir rotatoire spécifique de la *paraglobuline* du chien est α (D) = — 47°84;

2° Le pouvoir rotatoire spécifique de l'*albumine* du sérum du chien est α (D) = — 54°41. Ce nombre est suffisamment rapproché de — 57°3 pour permettre de supposer que *l'albumine du sang du chien* N'EST PAS UNE SUBSTANCE OPTIQUEMENT DIFFÉRENTE *de l'albumine du sérum du bœuf, du cheval et du lapin;*

3° Le sérum de sang de chien m'a fourni de $6^{gr}2$ à $6^{gr}3$ d'albuminoïdes, dont 3 de paraglobuline et 3.25 d'albumine pour 100 centimètres cubes (¹).

(Institut de physiologie de l'Université de Liége.)

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

Léon Fredericq, Recherches sur les substances albuminoïdes du sérum sanguin. (*Archives de biologie*, 1880, t. I.)

Id., Le pouvoir rotatoire de l'albumine du sang du chien. (*Ibid.*, 1881, t. II.)

Hoppe-Seyler-Thierfelder, Handbuch der physiologisch- und pathologisch- chemischen Analyse.

---

(1) Salvioli avait trouvé dans le sérum du chien 5.82 °/o de matières protéiques, dont 2.05 °/o de paraglobuline et 3.77 °/o d'albumine.

Léon Fredericq donne pour le même sérum 6.4 °/o de matières protéiques, dont 2.9 °/o de paraglobuline et 3.5 °/o d'albumine.

Physiologie. — **De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins (méthode des circulations artificielles)**, communication préliminaire,

par Jacques ROSKAM.

Historique.

La question de l'action de la température sur les parois vasculaires — surtout en ce qui concerne l'action locale — est loin d'être élucidée; la plupart des auteurs qui ont travaillé ce sujet l'ont fait de façon assez peu méthodique : ils ne se sont généralement adressés qu'à un seul procédé d'investigation et n'ont guère cherché la cause de la divergence des résultats obtenus par les différentes méthodes. Il nous a semblé que l'intérêt physiologique et l'importance thérapeutique de ce problème méritaient qu'on en reprît l'étude.

Nous avons commencé par étudier l'action des variations de température sur les vaisseaux d'organes soustraits à l'influence du système nerveux central. Différents auteurs se sont occupés de cette question. Dsiedsjul, le premier, crut obtenir cette action en sectionnant les troncs nerveux de l'oreille du lapin et en observant les variations de calibre des vaisseaux de celle-ci : cette méthode est défectueuse, car elle ne tient pas compte des nerfs qui pourraient pénétrer dans l'oreille le long des parois artérielles; elle ne considère pas non plus, comme le fait remarquer Lewaschew, que les modifications de lumière des vaisseaux de l'oreille doivent altérer la circulation dans les régions voisines et, par là (Latschenberger et Deahna), au moyen de nerfs centripètes, la lumière des vaisseaux dans tout l'organisme et, conséquemment, la pression du sang. La conclusion à laquelle arriva Dsiedsjul est que toute élévation de température au-dessus de 15° (15° à 42°) entraîne une vasoconstriction durable pouvant toutefois, si la température est élevée et l'action prolongée, faire place à une vaso-dilatation, et que tout abaissement de température au-dessous de 15° entraîne une vaso-dilatation intense, rapide et durable.

Lewaschew expérimenta sur des pattes de chien amputées au thermocautère, soumises à une circulation artificielle de sang défibriné de température constante; les variations de température se faisaient de l'extérieur, en changeant l'eau du bain où le membre était immergé. Lewaschew, mesurant les variations de lumière par celles du débit, conclut que, en général, toute modification de la température externe entraîne une variation de même sens du calibre vasculaire, les changements de lumière étant d'autant plus grands que les variations de température sont plus considérables; il prétend que l'action prolongée de températures très élevées ou très basses entraîne toujours une vaso-dilatation. Mais sa technique ne nous semble pas satisfaisante : dans ses expériences, l'action de la température ne se fait que très lentement et porte d'abord sur les tissus ambiants, ce qui est de nature à altérer les résultats; ceux-ci ne sont pas d'ailleurs très concluants pour ce qui est du rapport existant entre la modification du calibre vasculaire et l'intensité de la variation thermique.

Ugolino Mosso, dans une note sur l'action du froid et du chaud sur les vaisseaux, fournit quelques données à l'étude de l'influence de la température sur les organes énervés : il opérait sur des reins isolés, soumis à une circulation artificielle de sang défibriné, les variations de la température se faisant à la périphérie du viscère ou par le liquide circulant. U. Mosso observa de la sorte une vaso-dilatation vers 5° et vers 33° à 40°, la vaso-dilatation par le froid faisant place à une vaso-constriction passagère lors du réchauffement. Il ne fournit aucun résultat pour les températures intermédiaires, si ce n'est dans son expérience V, où le passage de 25° à 32° n'influence en rien le débit. Il conclut de ces expériences et de recherches pléthysmographiques faites sur l'homme, que la dilatation par le froid et le chaud est un phénomène de paralysie et que les vaisseaux ne réagissent de manière certaine que pour les températures extrêmes : 4°-5° et 33°-40°.

Les travaux d'Aurelio Lui et d'Antonio Berti sont faits tous deux suivant une même technique : circulation artificielle d'un liquide de température variable sous pression constante et mesure du calibre vasculaire par celle du débit. Aurelio Lui conclut de ses expériences que le chaud a deux actions, une première, passagère, vaso-dilatatrice, une seconde, durable, vaso-constrictrice, tandis que le froid est d'abord vaso-constricteur, puis dilate les vaisseaux de façon permanente. A notre avis, c'est là une interprétation simpliste des résultats de recherches trop peu variées.

Enfin, Antonio Berti, dans une récente note, arrive à ces conclusions qu'à chaque température correspond un diamètre déterminé des vaisseaux; que toute augmentation de température entraîne une augmentation du calibre vasculaire, sauf vers 42°-43°, où se ferait une vaso-constriction diminuant le débit (cette diminution serait d'ailleurs accrue par l'œdème et la rigidité musculaire survenant à cette température) ; et que, enfin, tout abaissement de la température amène une vaso-constriction durable.

TECHNIQUE.

Nous avons expérimenté sur de grands chiens (15 à 38 kilogrammes), préalablement morphinés (1 centigramme de morphine par kilogramme d'animal) et chloroformés; les plans superficiels de la région inguino-crurale étaient sommairement disséqués au thermocautère, puis les artère et veine fémorales soigneusement isolées à la pince. Ces vaisseaux étant ligaturés près de l'arcade fémorale, l'animal était saigné par une carotide, son arrière-train sectionné et la moelle épinière détruite. La partie supérieure de la patte préparée était alors fortement comprimée par une ligature circulaire n'intéressant pas les vaisseaux disséqués; ainsi nous isolions du reste de l'arrière-train le territoire vasculaire où devait s'effectuer la circulation artificielle. Nous placions ensuite les canules dans les artère et veine fémorales, couchions le train postérieur de l'animal sur la table de travail, de façon que la patte fût horizontalement placée, — ce qui facilite l'écoulement et diminue les chances d'œdème, — puis établissions la circulation artificielle. Celle-ci se faisait soit au moyen de liquide de Locke ($NaCl$: 9; KCl : 0.42; $CaCl_2$: 0.24; $NaHCO_3$: 0.2; Dextrose : 1; H_2O distil. : *quantum satis* pour faire 1 litre) oxygéné (par barbotement), soit d'un mélange oxygéné de liquide de Locke et de sang défibriné (filtré sur Glaswolle). La pression, constante, était réalisée à l'aide d'un flacon de Mariotte, surélevé de $0^{m}80$ environ. Le liquide nutritif, avant de pénétrer dans la patte, traversait un serpentin où il était chauffé *ad libitum*. Pour les variations brusques de température, nous nous sommes servis de deux serpentins raccordés, à l'aide de tubes en Y, d'une part, au flacon de Mariotte, d'autre part, à la canule de l'artère; nous avons toujours eu soin, lors des changements de circulation, de ne pas interrompre ni diminuer l'afflux du liquide. La température de celui-ci était prise à 1 centimètre environ de l'entrée dans l'artère, grâce à un thermomètre placé dans la canule. Le débit de la veine crurale était mesuré à l'éprouvette graduée pendant un temps déterminé, donné par un métronome battant la seconde. Ce débit nous renseigne sur les variations de calibre des vaisseaux : en effet, de l'œdème ne survint jamais au cours des expériences dont nous allons donner les résultats globaux, sauf dans deux cas où sa part d'action dans les variations du débit fut facile à déterminer.

Notons enfin qu'après les expériences, nous avons vérifié la vitalité de la patte en excitant les muscles, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire des nerfs crural et sciatique, au moyen de chocs d'induction; les résultats de cette recherche furent toujours positifs : tandis que le membre non irrigué restait inerte, la patte mise en expérience répondit toujours à ces excitations par d'énergiques contractions.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES.

Les résultats de nos expériences portant sur seize chiens sont concluants. A chaque température comprise entre la normale (38°5) et 0°, correspond, pour un même animal, un débit déterminé de la patte. Il suffit d'examiner sommairement les graphiques pour être convaincu de ce fait : la température restant constante, le débit garde une même valeur; les légères irrégularités des plateaux de nos courbes nous semblent uniquement imputables à l'intervention de la fonction nerveuse dans la mesure du débit. Étant donné les conditions d'expérimentation où nous nous sommes placés, cette constance de l'écoulement à une même température peut être interprétée comme la conséquence de la constance du calibre vasculaire à cette température déterminée.

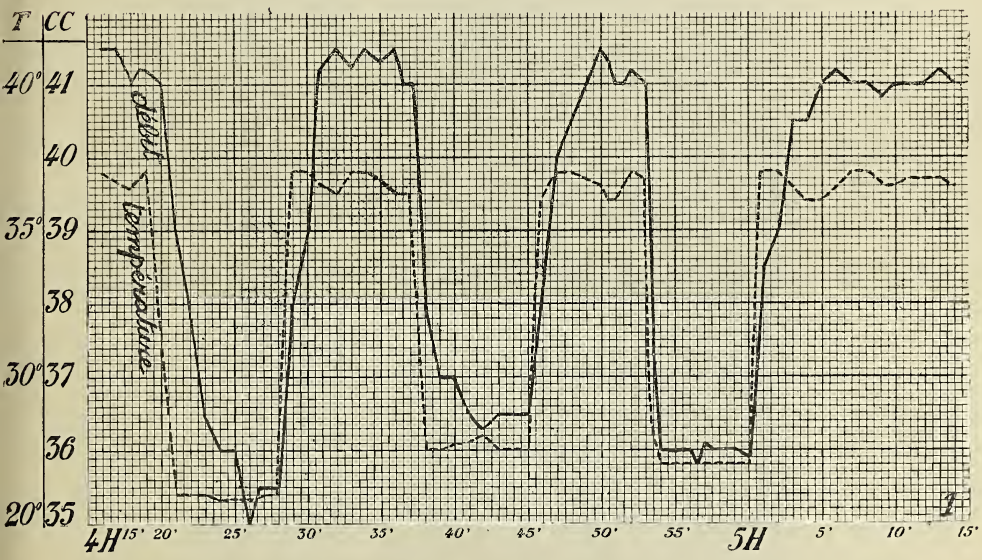


FIG. 1. — Modifications du débit lors de variations thermiques subites et de faible amplitude du liquide circulant.

En abscisses, le temps en minutes.

En ordonnées, T = températures du liquide dans l'artère crurale en degrés centigrades (traits discontinus); CC = débit par la veine crurale mesuré en centimètres cubes pendant dix secondes (trait continu).

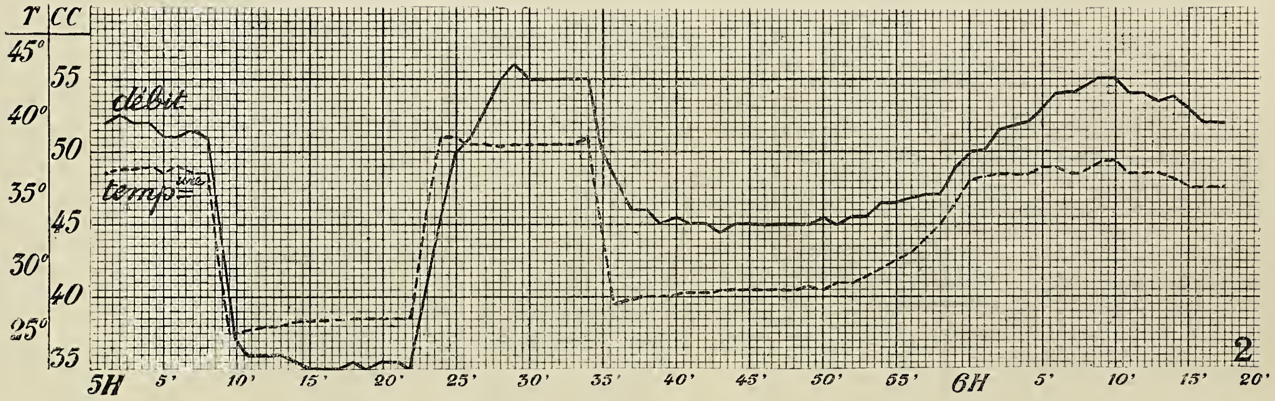


Fig. 2. — Modifications du débit lors de faibles variations thermiques, rapides et lentes, du liquide circulant.

En abscisses, le temps en minutes.

En ordonnées, T = températures du liquide dans l'artère crurale en degrés centigrades (traits discontinus) ; CC = débit par la veine crurale mesuré en centimètres cubes pendant quinze secondes (trait continu).

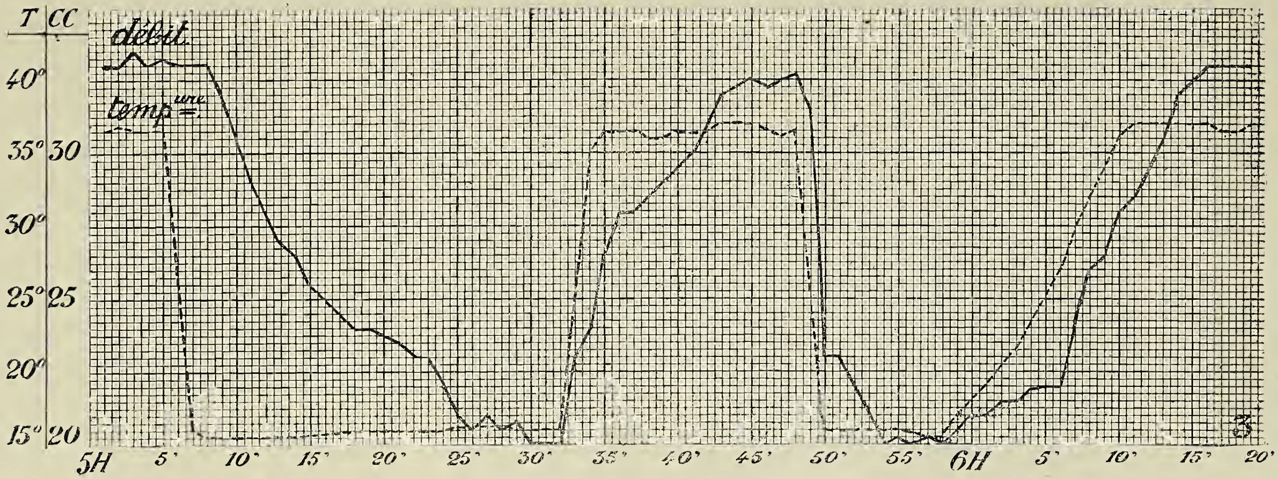


Fig. 3. — Modifications de l'écoulement lors de variations thermiques moyennes, rapides et lentes, du liquide circulant.
En abscisses, le temps en minutes.
En ordonnées, T = températures du liquide dans l'artère fémorale en degrés centigrades (traits discontinus); CC = débit par la veine crurale mesuré en centimètres cubes pendant quinze secondes (trait continu).

En outre, nous constatons que, chez un même chien, l'écoulement est d'autant plus faible que la température est plus basse, ce qui revient à dire qu'au-dessous de la température normale la lumière des vaisseaux est d'autant plus étroite que la température est moins élevée. Ce rapport entre le calibre vasculaire et la température est si rigoureux que le débit est sensible à des différences de moins de 1° C.

Un coup d'œil jeté sur les graphiques suffit pour convaincre de cette dépendance étroite. La lecture des chiffres portés en ordonnées, mieux encore la moyenne des débits et celle des températures montrent combien de faibles variations thermiques peuvent avoir de répercussion sur l'écoulement.

C'est ainsi que l'expérience qui nous a fourni le graphique 1 nous donne, pour des températures moyennes successives de 36°8, 25°9, 36°6, 27°7, 36°5, 27°, 36°4, des débits moyens de 41.3, 35.6, 41.3, 36.5, 41.1, 36, 40.9 centimètres cubes en dix secondes.

Dans une autre expérience, nous avons vu correspondre à des températures moyennes de 36°5, 27°3, 37°5, 25°5, 37°7, 24°5 des débits moyens de 10.4, 9.4, 10.8, 9, 10.9, 8.8 centimètres cubes en dix secondes.

Cette extrême sensibilité des vaisseaux aux variations thermiques n'existe pas que pour des températures voisines de la normale (graphiques 1 et 2), mais aussi pour des températures plus basses (seconde ascension thermique du graphique 3); elle se retrouve même à des températures voisines du zéro centigrade; nous avons vu, par exemple, le débit moyen s'élever de 21^{cc}88 à 22^{cc}09, alors que la température passait de 4°39 à 5°40.

La moyenne des différents débits stationnaires du graphique 4 nous montre une aussi intime dépendance du débit par rapport à l'élément thermique, car des écoulements moyens de 36.34, 16.76, 36.26, 16.17, 36.06 centimètres cubes en dix secondes y correspondent à des températures moyennes de 36°40, 3°11, 36°10, 2°, 36°03.

Dans aucune des sept expériences où nous avons utilisé les températures très basses (1 à 5° C.) agissant de façon prolongée (vingt à quarante minutes), nous n'avons obtenu de vaso-dilatation consécutive à cette longue action du froid sur les parois vasculaires.

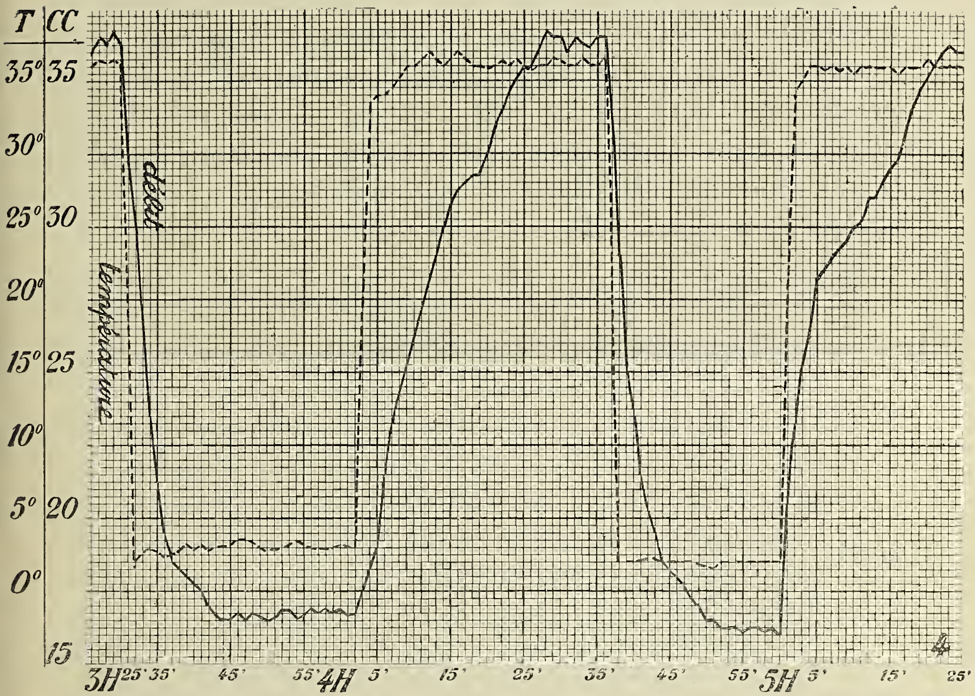


Fig. 4. — Modifications de l'écoulement lors de fortes variations thermiques du liquide circulant

En abscisses le temps en minutes.

En ordonnées, T = températures du liquide dans l'artère fémorale en degrés centigrades (traits discontinus); CC = débit par la veine fémorale mesuré en centimètres cubes pendant dix secondes trait continu).

Notons enfin que les valeurs relatives des lumières aux différentes températures varient selon les individus : il nous a été impossible d'établir un rapport numérique entre les débits et les températures.

Lorsque nous avons modifié la température du liquide circulant, nous avons constaté, en général, que la variation du débit qui en résulte se fait immédiatement dans le sens de la variation thermique, après une période latente le plus souvent fort courte, presque inappréciable. L'augmentation et la diminution du débit sont toujours en rapport avec l'intensité du réchauffement ou du refroidissement. Si ces derniers se font lentement, on constate un parallélisme presque parfait entre la courbe de l'écoulement et celle de la température. Mais, si la variation thermique est brusque, la variation du débit, d'abord rapide, se ralentit à mesure que l'écoulement se rapproche de la valeur qu'il doit atteindre. Cette particularité est généralement d'autant plus accentuée que les différences de température sont plus considérables (voir les graphiques).

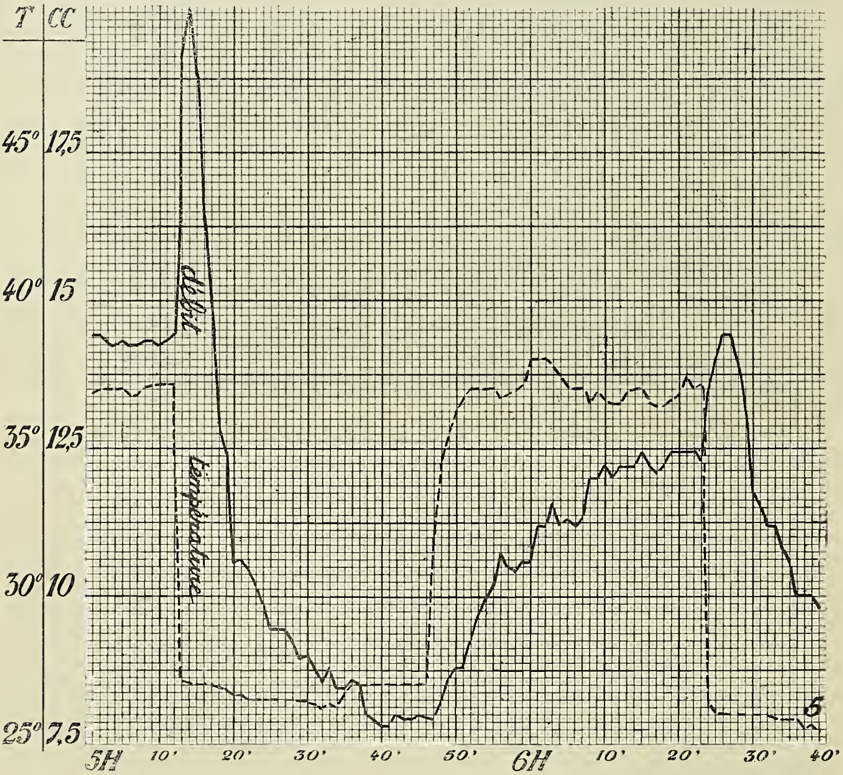


Fig. 5. — Modifications anormales du débit lors de variations thermiques faibles du liquide circulant.
En abscisses, le temps en minutes.
En ordonnées, T = températures du liquide dans l'artère fémorale en degrés centigrades (traits discontinus); CC = débit par la veine fémorale mesuré en centimètres cubes pendant dix secondes (trait continu).

Dans deux cas enfin (graphique 5), nous avons vu un abaissement relativement faible de la température (10° C. environ) entraîner d'abord une vaso-dilatation très brève, marquée par une augmentation brusque et passagère du débit, puis une vaso-constriction durable, celle-ci s'établissant selon le processus que nous venons de constater surtout lors des fortes variations thermiques. Dans ces deux cas anormaux, la vaso-dilatation par augmentation de la température, bien qu'assez lente, fut qualitativement normale, mais le débit n'atteignit pas la valeur voulue, de l'œdème ayant apparu au cours de l'expérience.

En résumé, nous voyons que de 0° à 38°5 le débit est constant pour une température déterminée; qu'il est d'autant plus considérable que celle-ci est plus élevée; nous constatons, en outre, que toute variation thermique modifie dans le même sens l'intensité de l'écoulement, la diminution de celui-ci par refroidissement pouvant être anormalement précédée d'un accroissement passager; cette variation du débit est d'autant plus intense que l'écart des températures est plus grand. Les conditions d'expérimentation où nous nous sommes placés : constance de la pression hydrostatique, identité du liquide circulant et l'absence de phénomènes d'œdème (avec la restriction mentionnée plus haut), nous permettent d'attribuer ces propriétés de l'écoulement au calibre des vaisseaux sanguins de la patte.

Dans des recherches ultérieures, nous étudierons l'influence des températures supérieures à la normale sur le débit d'organes énervés et soumis à une circulation artificielle ; nous essayerons de déterminer quelle part revient dans cette action complexe aux phénomènes vaso-moteurs et à l'œdème.

Institut de physiologie, Liége.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Antonio Berti, Dell' azione locale della temperatura sui vasi sanguigni. (*Rendiconti R. Accademia dei Lincei*, 1910, XIX, [5a], 302-307, 1 fig.)

Dsiedsjul, Communication au VI^e Congrès des naturalistes et médecins russes, 1879 (en russe — cité par Lewaschew). — Matériaux pour la question des nerfs vasomoteurs, *Diss. inaug. Saint-Pétersbourg*, 1880 (en russe — cité par Lewaschew).

J. **Latschenberger** et A. **Deahna**, Beiträge zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässmuskeln. (*Arch. für die ges. Physiol.*, 1876, XII, 157-204, 3 fig.)

S. **Lewaschew**, Ueber das Verhalten der peripherischen vaso-motorischen Centren zur Temperatur. (*Arch. für die ges. Physiol.*, 1881, XXVI, 60-96.)

Aurelio Lui, Dell' azione locale della temperatura sui vasi sanguigni. (*Lavori del labor. fisiol. di Padova*, 1892-1893, III, 19 pages.)

— Action locale de la température sur les vaisseaux sanguins. (*Arch. ital. biol.*, 1894, XXI, 416-418.)

Ugolino Mosso, Action du chaud et du froid sur les vaisseaux sanguins. (*Arch. ital. biol.*, 1889, XII 346-366, 4 fig.)

PHYSICO-CHIMIE. — **Alliages et dépôts électrolytiques de radium,**

par FRÉDÉRIC DE MARE (de Paris), chimiste, résidant à Bruxelles, et le Dr CHARLES JACOBS (de Bruxelles), chirurgien, résidant aussi à Bruxelles.

Nous avons l'honneur de porter à la connaissance de l'Académie royale de Belgique les faits suivants :

Au cours de recherches sur les différentes propriétés des sels de radium, nous avons pensé que ces sels pouvaient être réduits thermiquement et électriquement.

Poursuivant notre idée, nous avons réalisé un alliage d'argent-radium radioactif.

Cet alliage a été obtenu par réduction au four à gaz, dans un creuset en silice, d'un mélange de chlorure d'argent, de sulfate de radium, de carbonate de chaux et de charbon.

L'alliage d'argent-radium est blanc jaunâtre.

Le lingot coulé a été scié en deux parties et les portions sciées séparées par arrachement.

La cassure a l'aspect de la fonte grise.

La masse présente beaucoup de petites soufflures.

La sciure recueillie est aussi radioactive que la masse.

Un des morceaux a été laminé, puis étiré en fils.

L'étirage se fait mal, le métal est fibreux, rempli de criques. Comme le reste, ce fil est radioactif.

Nous poursuivons nos essais et nous ne doutons pas, instruits par l'expérience précédente, d'obtenir un alliage argent-radium plus sain et surtout beaucoup plus riche en radium.

Nous pensons obtenir encore plus facilement les alliages platine-radium, or-radium, et même de réaliser des alliages radium-mésothorium avec argent, or ou platine.

Nous nous promettons de vous présenter prochainement un travail beaucoup plus complet sur ce sujet.

Disposant d'une solution d'acétate de radium, nous avons fait l'électrolyse de cette solution en nous servant d'électrodes en platine.

Nous avons obtenu sur la cathode un dépôt brun adhérent, très radioactif.

Ce dépôt impressionne fortement la plaque photographique.

Il rend phosphorescent l'écran au platino-cyanure de baryum.

Le même dépôt a été obtenu sur un petit peloton de fil d'argent, et le dépôt brun a été ensuite recouvert d'or.

Ce peloton mis sur plaque a influencé celle-ci au travers de deux vignettes en cuivre mince.

Enfin, le fil de ce peloton a été enroulé autour d'une plaque photographique où il a nettement marqué ses spires.

En outre des deux faits précédents, nous joignons, comme contribution à l'étude du radium, la curieuse expérience que voici :

« Un cristal de quartz de 12 centimètres de long a été fixé normalement au travers d'un écran métallique, l'ensemble recouvrant un cristallisoir contenant de l'acétate de radium.

» Une plaque photographique, enrobée de papier noir, a été placée sur la base du cristal; la plaque était donc parallèle au sel de radium et distante d'environ 15 centimètres.

» Après être restée neuf heures dans cette position, la plaque a été développée.

» Son développement a montré que les radiations du radium avaient influencé cette plaque sur toute son étendue, sauf à l'endroit où elle était supportée par le quartz.

» La même expérience a été répétée dans une chambre noire, avec une plaque non enrobée. Après quinze minutes de contact sur le quartz, la plaque développée montre que les radiations du sel de radium n'ont pas eu le temps d'influencer la plaque, mais que, par contre, la lumière émise par le sel de radium est parvenue jusqu'à cette plaque en traversant le cristal, qu'elle a influencé la couche sensible et reproduit intégralement la section du cristal avec ses cassures et défauts.

» Cette expérience démontre que le quartz se laisse traverser par les radiations lumineuses émises par un sel de radium, mais par aucune des radiations α, β et γ. »

2 décembre 1911.

PHYSIQUE. — **Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »,**

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

PREMIÈRE NOTE :

CAS GÉNÉRAL DES SYSTÈMES BINAIRES NON AQUEUX.

Dans un travail récent (¹), j'ai montré que dans un mélange de deux liquides il y a entre les changements de densité et d'indice de réfraction un rapport constant, invariable avec la concentration. Jusqu'à présent, je n'ai examiné que les mélanges binaires dont l'un des constituants est l'eau, et il était intéressant d'examiner aussi à cet égard les solutions non aqueuses. Mais l'on songe immédiatement à l'énormité du travail expérimental nécessaire pour dégager des phénomènes quelques lois générales, vu que le nombre de liquides que l'on peut accoupler deux par deux est infini. Pourtant un grand nombre de couples liquides s'éliminent tout naturellement de l'étude que j'ai en vue : ceux pour lesquels l'acte du mélange n'a produit que des changements de densité et d'indice trop faibles pour être mesurés avec l'exactitude nécessaire à la détermination de la constante A.

Cette première note est destinée à servir d'*orientation* au sujet des solutions non aqueuses : on y trouvera les résultats des calculs que j'ai faits sur les données expérimentales glanées

---

(¹) *Journ. chim. phys.*, 1910, 630, et *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1911.

dans la littérature, les conclusions qu'on peut en tirer dès à présent et les indications sur la direction à donner aux expériences ultérieures dans cette voie.

MÉLANGES BINAIRES CONTENANT DU SULFURE DE CARBONE.

Le sulfure de carbone donne lieu par son mélange avec d'autres liquides à des variations de densité et d'indice assez grandes et aisées à mesurer. Aussi ai-je pu déduire des renseignements intéressants sur une série de mélanges avec le CS_2 examinés par différents auteurs. Il résulte de cet examen que (voir ci-dessous pour les détails) :

1. La densité et l'indice de réfraction sont toujours plus petits que les valeurs « théoriques » calculées d'après les formules adoptées précédemment. Il y a donc « dilatation » de ces deux constantes physiques par suite du mélange (pour conserver la notation employée jusqu'à présent, je laisserai les symboles de contraction C_v et C_n en les faisant précéder du signe —).

2. Si l'on prend le rapport $\frac{-C_v}{-C_n}$, on constate que, comme pour les solutions aqueuses, ce rapport ne varie pas avec la concentration et que par conséquent on est en droit de dire que pour les solutions non aqueuses il existe également une « constante de réfraction » pour laquelle je conserve la désignation A employée précédemment.

3. Cette constante de réfraction varie d'un système à l'autre et est par conséquent une caractéristique pour chaque couple liquide.

Voici du reste le détail des données expérimentales au sujet des mélanges avec le sulfure de carbone.

Alcool éthylique + sulfure de carbone.

$^{0}/_{0}$ CS$_2$.	$^{0}/_{0}$ alc	d 20°.	d_v.	$d_v : d$.	C$_v$.
—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,26354	1,26354	1,00000	0,000
79,818	20,182	1,12167	1,12975	1,00720	-0,720
68,034	31,966	1,05425	1,06396	1,00921	-0,921
50,766	49,234	0,97177	0,98032	1,00880	-0,880
0,000	100,000	0,79628	0,79628	1,00000	0,000

$^{0}/_{0}$ CS$_2$.	$^{0}/_{0}$ alc.	n_{H_α} 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C$_n$.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,61847	1,61847	1,00000	0,000	
79,818	20,182	1,53771	1,55886	1,01375	-1,375	*0,524*
68,034	31,966	1,49996	1,52603	1,01738	-1,738	*0,530*
50,766	49,234	1,45450	1,48036	1.01778	-1,778	*0,495*
0,000	100,000	1,36065	1,36065	1,00000	-0,000	

$^{0}/_{0}$ CS$_2$.	$^{0}/_{0}$ alc.	n_{H_β} 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C$_n$.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,65268	1,65268	1,00000	0,000	
79,818	20,182	1,56279	1,58573	1,01468	-1,468	*0,490*
68,034	31,966	1,52081	1,54909	1,01860	-1,860	*0,495*
50,766	49,234	1,47039	1,49835	1,01901	-1,901	*0,465*
0,000	100,000	1,36676	1,36676	1,00000	0,000	

$^{0}/_{0}$ CS$_2$.	$^{0}/_{0}$ alc.	n_{H_γ} 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C$_n$.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,67515	1,67515	1,00000	0,000	
79,818	20,182	1,57902	1,60315	1,01528	-1,528	*0,471*
68,034	31,966	1,53409	1,56388	1,01942	-1,942	*0,474*
50,766	49,234	1 48041	1,50978	1,01982	-1,982	*0,444*
0,000	100,000	1,37026	1,37026	1,00000	0,000	

Trois mélanges en ont été examinés par Wüllner (¹), et l'on trouve que la valeur de A est en moyenne de 0,516 pour la raie H_α, de 0,483 pour H_β et de 0,463 pour H_γ. C'est également d'après ces données que Pulfrich (²) avait calculé — sur d'autres bases — sa constante α dont j'ai fait précédemment la critique. Un autre auteur, F. Zecchini (³), a également examiné deux mélanges d'alcool et de sulfure de carbone, qui donnent pour la raie D (intermédiaire entre H_α et H_β) le nombre 0,502.

°/₀ CS_2.	°/₀ alc.	$t°$.	$d\ t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$	C_v.
76,50	23,50	6°8	1,11395	1,12264	1,00779	-0,779
22,34	77,66	1°8	0,87393	0,87879	1,00556	-0,556

°/₀ CS_2.	°/₀ alc.	$t°$.	n_D à $t°$	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
76,50	23,50	6°8	1,54073	1,56477	1,01560	-1,560	*0,500*
22,34	77,66	1°8	1,40602	1,42153	1,01103	-1,103	*0,504*

Une autre solution examinée par Zecchini n'a pu être soumise au calcul, parce que la concentration a été mal indiquée : on lit 76,59 °/₀ alc. + 25,41 °/₀ CS_2. Même en faisant la correction en 23,41, on n'arrive pas à un résultat concordant avec la solution à 77,66 °/₀ d'alcool, alors que pourtant il n'y a pas de raison pour supposer que deux solutions à concentration presque identique puissent donner des valeurs de A très différentes. Il y a du reste une négligence évidente dans l'ensemble du travail de Zecchini, sur laquelle je serai encore forcé de revenir à propos d'autres mélanges binaires, et qui, dans beaucoup de cas, m'a empêché de me servir de ses données (je ne parle pas des coquilles d'imprimerie, que l'on peut en général corriger aisément soi-même).

(¹) *Annalen der Physik*, t. CXXXIII (1868).

(²) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 4 (1889).

(³) *Gazz. chim. ital.*, 1897 (1), 358.

Mais le travail de Zecchini mérite une critique bien plus sérieuse, que je crois opportun de faire ici. Cet auteur a examiné une série de systèmes binaires non aqueux et a conclu de son étude que pour un même couple liquide, l'α de Pulfrich n'était pas constant avec la concentration, mais variait de façon telle qu'on ne peut lui attribuer la signification que lui donne Pulfrich. Cette assertion est contredite, non seulement par les données de Pulfrich et de Buchkremer (¹), mais par les essais de Zecchini lui-même, pour autant que ceux-ci soient exacts. La chose apparaît avec une évidence particulièrement frappante pour le système CS_2 + anéthole (voir plus loin), pour lequel Zecchini trouve que α est égal à 0,35 pour une solution, à 1,01 pour une autre et à 0,20 pour une troisième, alors que, *en calculant d'après ces mêmes données numériques*, le rapport entre les variations de densité et de réfraction apparaît remarquablement constant. Malgré toute ma bonne volonté, il m'a été en outre impossible de découvrir la méthode de calcul de C_v et de C_n employée par cet auteur, et qui en tout cas n'est pas celle de Pulfrich, dont il ne fait pourtant que reproduire à peu près textuellement les considérations théoriques préliminaires. Les nombres de Zecchini qui sont censés représenter C_v et C_n sont, suivant les cas, de 20 à 200 fois plus grands que ceux que l'on obtient en appliquant convenablement les formules indiquées. Une preuve du peu de soin mis par l'auteur à son travail est que, en répétant les expériences rapportées plus haut sur le système CS_2 + alcool, déjà étudiées par Wüllner et dont s'est servi Pulfrich, il ne se demande pas même pourquoi il trouve comme valeur de α le nombre 1,23, alors que Pulfrich trouve les résultats très différents de 1,849 pour H_α à 2,088 pour H_β. En répétant convenablement les calculs d'après les données de Zecchini, on trouve du reste un nombre voisin de 1,9, ce qui s'accorde parfaitement avec les expériences de Wüllner, puisque

---

(¹) Dissertation, Bonn, 1890; *Zeitschr. phys. Chemie.* t. VI (1890).

l'on doit s'attendre pour la raie D à un résultat intermédiaire entre les valeurs trouvées pour les raies H_α et H_β. La concordance entre les deux séries d'expériences se marque aussi, comme on l'a vu, par l'accord dans les valeurs de A.

Si j'ai précédemment combattu dans une certaine mesure la formule menant à la constante α de Pulfrich, ce n'est pas que j'aie mis en doute la constance de α pour un même système binaire, mais parce que l'expression que j'ai proposée pour n_v est selon moi plus logique et que je crois illusoire de poursuivre avec Pulfrich la recherche d'une formule, même compliquée, donnant aux écarts de l'indice de réfraction la même valeur absolue qu'aux écarts de la densité; en d'autres termes, qu'il est illusoire de trouver un rapport α qui soit toujours égal à 1 ou qui soit le même pour tous les systèmes binaires. Mais s'il est vrai qu'il résulte de mes travaux précédents que cette recherche est stérile, puisque A est une caractéristique pour chaque système, il n'en est pas moins vrai que, depuis les tâtonnements de Grailich et Handl en 1857, c'est Pulfrich qui le premier a pressenti vers quelle voie on devait diriger les recherches. On ne peut donc que regretter qu'un travail postérieur aussi superficiel que celui de Zecchini ait pu faire remettre en doute, pour le lecteur non averti, les résultats enfin acquis par les travaux de Pulfrich et de Buchkremer.

Acétone + sulfure de carbone.

Comme on peut s'en assurer par le détail des données numériques, on obtient pour A une valeur très constante, quelle que soit la concentration. Quand on passe à une longueur d'onde plus faible, la constante de réfraction diminue dans son ensemble, et les moyennes de ces valeurs sont : 0,732 pour la raie C ($\lambda = 656\ \mu\mu$), 0,723 pour la raie D ($\lambda = 589\ \mu\mu$), 0,688 pour la raie F ($\lambda = 486\ \mu\mu$) et 0,665 pour la raie G' ($\lambda = 434\ \mu\mu$). Ces essais ont été exécutés avec grand soin par Hubbard (1).

---

(1) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 74 (1910), 207.

°/o CS_2.	°/o acét.	d 25°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	1,25595	1,25595	1,00000	0.000
86,892	13,108	1,15539	1,16524	1,00852	-0,852
83,283	16,717	1 13113	1,14250	1,01005	-1,005
71,137	28,863	1,05767	1,07217	1,01371	-1 371
51,902	48,098	0,96295	0,97691	1.01450	-1,450
51.799	48,201	0,96212	0,97658	1,01503	-1,503
51,761	48,239	0,96189	0,97627	1 01495	-1,495
40,329	59,671	0,91488	0,92734	1,01362	-1,362
29,326	70,674	0,87475	0,88465	1,01132	-1,132
13,245	86,755	0,82401	0,82890	1,00593	-0,593
0,000	100,000	0,78799	0.78799	1,00000	0.000

°/o CS_2.	°/o acét.	n_C à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,61440	1,61440	1,00000	0,000	
86,892	13,108	1,55702	1,57478	1,01141	-1,141	*0 747*
83,283	16,717	1.54325	1,56426	1,01361	-1.361	*0,738*
71,137	28,863	1,50093	1,52971	1,01917	-1,917	*0,715*
51,902	48,098	1,44819	1,47804	1,02061	-2,061	*0,704*
51,799	48,201	1.44794	1,47778	1,02061	-2,061	*0,729*
51,761	48,239	1,44776	1,47767	1,02066	-2,066	*0,724*
40,329	59,671	1,42182	1,44860	1,01883	-1,883	*0,723*
29,326	70,674	1,40047	1,42169	1,01515	-1,515	*0,747*
13,245	86,755	1,37333	1,38408	1,00783	-0,783	*0,757*
0,000	100,000	1,35458	1,35458	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,732**

°/o CS_2.	°/o acét.	n_D à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0.000	1,62357	1,62357	1,00000	0,000	
86,892	13,108	1.56465	1,58270	1,01154	-1,154	*0,738*
83,283	16,717	1,55043	1,57183	1,01380	-1,380	*0,728*
71,137	28,863	1,50692	1,53624	1,01939	-1,939	*0,707*
51,902	48,098	1,45271	1,48293	1,02080	-2,080	*0,697*
51,799	48,201	1,45253	1,48282	1,02085	-2,085	*0,721*
51,761	48,239	1,45233(1)	1,48271	1,02092	-2,092	*0,714*
40,329	59,671	1,42567	1,45285	1,01907	-1,907	*0,714*
29,326	70,674	1,40364	1,42521	1,01537	-1,537	*0,757*
13,245	86,755	1,37576	1,38665	1,00792	-0,792	*0,749*
0,000	100 000	1,35645	1,35645	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,723**

---

(1) Légère correction; l'auteur indique le nombre 1,45253, comme pour la solution précédente.

°/₀ CS_2.	°/₀ acét.	n_F à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,64830	1,64830	1,00000	0,000	
86,892	13,108	1,58477	1.60395	1,01210	-1,210	*0,704*
83,283	16.717	1,58942	1,59215	1,01449	-1,449	*0,694*
71.137	28,863	1,52263	1,55371	1,02041	-2,041	*0,671*
51,902	48,098	1,46439	1,49649	1,02192	-2,192	*0,661*
51,799	48,201	1,46417	1,49620	1,02188	-2,188	*0,687*
51,761	48,239	1,46387	1,49607	1,02200	-2,200	*0,680*
40,329	59,671	1,43533	1,46404	1,02000	-2,000	*0,681*
29,326	70,674	1,41171	1,43447	1,01612	-1,612	*0,702*
13,245	86,755	1,38177	1,39334	1,00838	-0,838	*0,708*
0,000	100,000	1 36121	1,36121	1,00000	0.000	

Moyenne : **0,688**

°/₀ CS_2.	°/₀ acét.	$n_{G'}$ à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,67073	1,67073	1,00000	0,000	
86,892	13,108	1,60291	1.62311	1,01262	-1,262	*0,675*
83,283	16,717	1,58644	1,61049	1,01516	-1,516	*0,663*
71,137	28,863	1,53661	1,56937	1,02132	-2,132	*0,643*
51,902	48,098	1,47471	1,50836	1,02214	-2,214	*0,655*
51,799	48,201	1,47522	1,50805	1,02226	-2,226	*0,675*
51,761	48,239	1,47471	1,50792	1,02252	-2,252	*0,664*
40,329	59,671	1,44390	1,47388	1,02076	-2,076	*0,656*
29,326	70,674	1,41887	1,44254	1,01668	-1,668	*0,679*
13,245	86,755	1,38701	1,39907	1,00870	-0,870	*0,682*
0,000	100.000	1,36519	1.36519	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,665**

Méthylal + sulfure de carbone.

Ce système, examiné dans le travail déjà cité de Hubbard, donne, lui aussi, une bonne constance pour les valeurs de A. De plus, on constate, comme précédemment, que A diminue au fur et à mesure que l'on considère des λ plus petits. Les moyennes que j'ai trouvées pour la valeur de A sont : 0,788 pour la raie C, 0,777 pour la raie D, 0,746 pour la raie F et 0,720 pour la raie G'. En examinant dans les tables qui vont suivre le détail des calculs, on pourra se rendre compte du degré d'exactitude des essais et de l'approximation que l'on peut atteindre dans ces recherches.

°/₀ CS_2.	°/₀ méth.	*d* 25°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	1.25595	1,25595	1,00000	0,000
86,449	13,551	1,17221	1,18043	1.00701	-0,701
75,141	24,859	1,11246	1,12401	1 01038	-1,038
65,262	34,738	1,06613	1,07898	1,01196	-1,196
62.380	37,620	1,05362	1 06650	1,01222	-1,222
62,226	37,774	1,05309	1,06585	1,01212	-1,212
60,034	39 966	1,04361	1,05657	1,01242	-1,242
53.139	46.861	1,01566	1,02840	1.01254	-1,254
45.630	54,370	0,98723	0,99939	1,01232	-1,232
43,598	56,402	0,98009	0,99182	1,01197	-1,197
38,408	61,592	0,96201	0,97299	1,01141	-1,141
28,682	71,318	0,93050	0,93956	1,00974	-0,974
12,921	87,079	0,88549	0,89001	1,00510	-0,510
0,000	100,000	0,85313	0,85313	1,00000	0,000

°/₀ CS_2.	°/₀ méth.	n_C à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	*A*.
100,000	0,000	1,61440	1,61440	1,00000	0,000	
86,449	13,551	1,55901	1,57243	1,00861	-0,861	*0,814*
75,141	24,859	1,51859	1,53903	1,01346	-1,346	*0,771*
65,262	34,738	1,48798	1,51098	1,01546	-1,546	*0,774*
62,380	37,620	1,47964	1,50301	1,01579	-1,579	*0,774*
62,226	37,774	1,47937	1,50258	1,01569	-1,569	*0,772*
60,034	39,966	1,47286	1,49658	1,01610	-1,610	*0,772*
53,139	46,861	1,45459	1,47781	1,01597	-1,597	*0,785*
45,630	54,370	1,43595	1,45821	1,01551	-1,551	*0,795*
43,598	56,402	1,43107	1,45296	1,01530	-1,530	*0,782*
38,408	61,592	1,41928	1,43970	1,01439	-1,439	*0,793*
28,682	71,318	1,39871	1,41553	1,01203	-1,203	*0,809*
12,921	87,079	1,36939	1,37801	1,00630	-0,630	*0,809*
0,000	100,000	1,34870	1,34870	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,788**

°/₀ CS_2	°/₀ méth.	n_D à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,62357	1,62357	1,00000	0,000	
86,449	13,551	1,56665	1,58023	1,00867	–0,867	*0,809*
75,141	24,859	1,52508	1,54345	1,01361	–1,361	*0,765*
65,262	34,738	1,49357	1,51697	1,01567	–1,567	*0,765*
62,380	37,620	1,48497	1,50875	1,01601	–1,601	*0,765*
62,226	37,774	1,48471	1,50829	1,01588	–1,588	*0,765*
60,034	39,966	1,47810	1,50211	1,01625	–1,625	*0,764*
53,139	46,861	1 45922	1,48300	1,01630	–1,630	*0,768*
45,630	54,370	1,44005	1,46254	1,01562	–1,562	*0,788*
43,598	56,402	1,43502	1,45728	1,01551	–1,551	*0,772*
38,408	61,592	1,42294	1,44369	1,01458	–1,458	*0,782*
28,682	71,318	1,40178	1,41884	1.01217	–1,217	*0,800*
12,921	87,079	1,37164	1,38040	1,00639	–0,639	*0,798*
0,000	100,000	1,35038	1,35038	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,777**

°/₀ CS_2.	°/₀ méth.	n_F à 25°.	n_v	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,64830	1 64830	1,00000	0,000	
86,449	13,551	1,58690	1,60120	1,00901	-0.901	*0,778*
75,141	24,859	1,54205	1,56394	1,01420	- 1,420	*0,751*
65,262	34,738	1,50815	1,53274	1,01630	-1,630	*0,754*
62,380	37,620	1,49889	1,52391	1,01669	–1,669	*0,752*
62,226	37,774	1,49357	1,52344	1,01660	–1,660	*0,750*
60,034	39,966	1,49146	1,51676	1,01697	–1,697	*0,752*
53,139	46,861	1 47115	1,49618	1,01702	–1,702	*0,756*
45,630	54,370	1,45054	1,47438	1,01644	–1,644	*0,749*
43,598	56,402	1,44524	1,46860	1,01616	–1,616	*0,741*
38,408	61,592	1,43220	1,45399	1,01521	–1,461	*0,752*
28,682	71,318	1,40954	1,42743	1,01269	–1,269	*0,767*
12,921	87,079	1,37730	1,38637	1,00659	-0,659	*0,774*
0,000	100,000	1,35444	1,35444	1,00000	0,000	

Moyenne : **0,746**

°/₀ CS$_2$.	°/₀ méth.	n_G à 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C$_n$.	A.
100,000	0,000	1,67073	1,67073	1,00000	0,000	
86,449	13,551	1 60505	1,62014	1,00940	-0,940	*0,746*
65,262	34,738	1,52061	1,54691	1,01730	-1,730	*0,691*
62,380	37.620	1,51123	1,53745	1,01735	-1,735	*0.704*
62,226	37,774	1,51091	1,53695	1,01724	-1,724	*0,705*
60,034	39,966	1,50325	1,52982	1,01767	-1,767	*0,703*
53,139	46,861	1,48179	1,50773	1,01751	-1,751	*0,716*
45,630	54,370	1,45986	1,48469	1,01701	-1,701	*0,725*
43,598	56,402	1.45440	1,47855	1,01660	-1,660	*0,721*
38,408	61,592	1,44037	1,46306	1,01575	-1,575	*0,724*
28,682	71,318	1,41639	1,43488	1,01305	-1,305	*0,746*
12,921	87,079	1,38206	1,39150	1,00683	-0,683	*0,747*
0,000	100,000	1,35783	1,35783	1.00000	0,000	

Moyenne : **0,720**

Anéthole + sulfure de carbone.

Trois mélanges étudiés par Zecchini (¹) donnent comme moyenne 1,575 pour la valeur de la constante de réfraction. Ici nous avons un exemple d'un mélange de CS$_2$ avec un composé cyclique.

°/₀ anéth.	°/₀ CS$_2$.	t°.	d t°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C$_v$.
25,85	74,15	25,2	1,16444	1,17217	1,00664	-0,664
39,10	60.90	20,9	1,13126	1,13945	1,00723	-0,723
43,39	56,61	25,6	1,11285	1,12096	1,00729	-0,729

°/₀ anéth.	°/₀ CS$_2$.	t°.	n_D à t°.	n_v.	$n_v : n$.	C$_n$.	A.
25,85	74,15	25,2	1,59998	1,60682	1,00428	-0,428	*1,551*
39,10	60,90	20,9	1,59321	1.60046	1,00455	-0,455	*1,589*
43,39	56,61	25,6	1,58732	1,59462	1,00460	-0,460	*1,585*

(¹) *Gazz. chim. ital.*, 1897 (1), 373. J'ai fait abstraction du quatrième mélange, qui me paraît fautif.

Aldéhyde cinnamique + sulfure de carbone.

Outre l'anéthole, un autre dérivé cyclique, l'aldéhyde cinnamique, a été étudié par Zecchini en solution dans le sulfure de carbone.

°/o aldéh.	°/o CS_2.	t°.	$d\ t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	v.
44,17	55,83	21,2	1,15359	1,15892	1,00462	-0,462
22,54	77,46	26,4	1,19409	1,19914	1,00424	-0,424

°/o anéth.	°/o CS_2.	t°.	n_D à t°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
44,17	55,83	21,2	1,62055	1,62462	1,00251	-0,251	*1,84*
22,54	77,46	26,4	1,61846	1,62190	1,00213	-0,213	*1,99*

Deux des mélanges soumis à l'examen donnent une concordance passable : il y a dilatation de la densité et de l'indice, comme dans les cas précédents, et la valeur de A est de 1,92 en moyenne. J'ai omis un troisième mélange étudié à température plus basse (8°1), qui donne des résultats absolument en opposition avec les précédents, l'erreur étant due manifestement à une indication inexacte en ce qui concerne l'indice de réfraction. Je n'attache aucune importance aux calculs auxquels l'auteur s'est livré concernant ce système, desquels il résulterait qu'il y aurait dilatation de la densité et contraction de l'indice de réfraction, et qui donneraient comme valeur de α dans le premier cas — 2,07 et dans le second — 0,29, soit un nombre sept fois plus petit !

Zecchini a, en outre, examiné deux autres dérivés cycliques, la *bromnaphtaline* et le *sulfocyanate de phényle* en solution dans le *sulfure de carbone*, mais je n'ai rien pu en tirer pour la détermination de A, nombre d'indications étant, du reste, manifestement erronées.

Nitrate d'éthyle + sulfure de carbone.

Un seul mélange de ces deux corps a été étudié par W. H. Perkin senior (¹).

°/o nitr.	°/o CS_2.	d 15°/15°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
—	—	—	—	—	—
46,365	53,635	1,17487	1.19390	1,01620	-1,620

	n à 15°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	—	—	—	—	—
Raie H_α	1,49056	1,50319	1.00847	-0,847	*1,913*
Raie H_β	1,51012	1,52332	1 00874	-0,874	*1,853*
Raie H_γ	1,52272	1,53622	1,00887	-0,887	*1,826*

On peut déjà admettre, sinon affirmer, que cette valeur de A sera la même pour d'autres concentrations. En tout cas, ce système cadre bien avec les précédents en ce que A diminue quand on avance vers le violet du spectre.

Il y a lieu d'insister un peu sur l'influence de la dispersion sur la valeur de A. On a vu précédemment, notamment pour les mélanges de l'eau avec l'alcool éthylique (²), avec l'acide acétique (³) et avec le furfurol (⁴), que là également A diminue lorsque le λ considéré est plus petit. Mais, pour ces systèmes, il y a une contraction tant pour la densité que pour l'indice de réfraction; ce qui veut dire que si A est plus petit pour H_β que pour H_α, la valeur de la contraction de l'indice C_n a augmenté, d'où il suit que, examiné sous un λ plus petit, l'indice lui-même paraît avoir, par le fait du mélange, *augmenté relativement plus* que si on l'examine sous un λ plus grand.

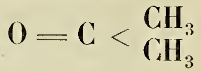
(¹) *Journ. Chem. Soc., Tr.,* 1900, 267.

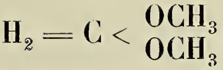
(²) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1911, 17.

(³) *Ibid.,* 1911, 38-39.

(⁴) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), 1911, 641.

Dans le cas des solutions dans le sulfure de carbone, au contraire, nous avons toujours affaire à une dilatation; donc, vu que la — C_v reste la même, quel que soit le λ, la diminution de A vers le violet du spectre provient de ce que la valeur de la dilatation de l'indice — C_n a augmenté, c'est-à-dire que, examiné sous un λ plus petit, l'indice lui-même paraît avoir *diminué relativement plus* par le fait du mélange. D'une manière plus simple, on dira que si le mélange donne lieu à une contraction de l'indice, celle-ci augmentera au fur et à mesure que l'on considère des longueurs d'onde plus courtes; si la variation due au mélange a lieu dans le sens d'une dilatation de l'indice, cette dilatation sera encore accrue quand on se rapproche des λ à faible amplitude. Rapportée à la grandeur de l'indice de réfraction lui-même, cette proposition signifie que si l'acte du mélange produit une *condensation* de l'éther intramoléculaire, cette condensation paraîtra d'autant plus grande qu'on examinera le mélange sous une longueur d'onde plus courte; que si, par contre, l'acte du mélange donne lieu à une *distension* de l'éther intramoléculaire, cette distension paraîtra d'autant plus grande que l'examen a lieu avec un λ plus petit. Ce raisonnement montre que la diminution de A vers le violet du spectre correspond à une diminution ou à une augmentation, selon que c'est une diminution ou une augmentation de l'indice qui résulte de l'acte du mélange.

On ne peut guère, avec un matériel encore aussi restreint, faire des déductions importantes et suffisamment générales tirées de la comparaison des valeurs absolues de A pour les solutions dans le sulfure de carbone. Ce qui saute seulement aux yeux, c'est que ces nombres sont en général très différents de ceux que j'ai obtenus pour les solutions aqueuses, qu'ils sont beaucoup plus petits et que souvent les variations de l'indice sont plus importantes que celles de la densité, en d'autres termes, que A est plus petit que l'unité. On constatera encore que, en solution dans le sulfure de carbone, l'acétone  $O = C < \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$

et le méthylal  $H_2 = C < \genfrac{}{}{0pt}{}{OCH_3}{OCH_3}$, auxquels on peut assigner une certaine parenté de structure, donnent des valeurs très peu différentes pour A (en solution aqueuse également, ces deux corps donnent des nombres assez voisins : 3,5 et 4). Pour l'alcool éthylique, par contre, la valeur obtenue est nettement plus faible (0,5), alors que les solutions aqueuses d'alcool et d'acétone ont à peu près le même A. Comme on le voit, aucune conclusion bien fixe ne peut encore être faite à ce sujet, et il s'agirait avant tout d'employer systématiquement un solvant déterminé et d'étudier comment se comportent des séries organiques, comme je l'ai fait avec l'eau. Le sulfure de carbone paraît être un corps qui convient très bien à ce sujet à cause des variations très facilement mesurables auxquelles il donne lieu, de sa purification relativement aisée et de sa miscibilité avec un grand nombre de liquides.

Mélanges binaires avec l'alcool.

Étant donné les beaux résultats que m'a donnés l'étude des solutions aqueuses, il était naturel de songer à examiner les solutions alcooliques, à cause de la parenté relative unissant l'eau et l'alcool. Malheureusement, peu d'expériences ont été faites jusqu'à présent dans cette voie et elles ne brillent pas toujours par leur précision. Il est vraisemblable que c'est la difficulté d'obtenir et de maintenir de l'alcool à 100 °/o qui rebute les chercheurs et que c'est l'emploi d'alcool impur qui est la source d'erreurs principale : on est alors en présence d'un système ternaire en admettant qu'un seul corps étranger — l'eau — souille l'alcool.

Néanmoins je vais rapporter les essais faits dans cette voie et qui peuvent déjà, comme on le verra, nous orienter jusqu'à un certain point.

Acétaldéhyde + alcool éthylique.

Tout récemment, H. de Leeuw (¹) a déterminé la densité des mélanges acétaldéhyde-alcool et, dans une autre série d'essais, leur indice de réfraction. Je reproduis les calculs *in extenso* en ce qui concerne l'indice et les résultats de C_v interpolés de mes calculs sur la densité des mélanges étudiés par cet auteur. On voit sur la table que depuis 10 jusque 62 °/₀ d'acétaldéhyde, la valeur de A est sensiblement constante et égale à 4,7 environ. Pour les deux solutions plus concentrées en acétaldéhyde on obtient par contre des résultats très divergents, la valeur de A montant à 5,95 et 7,28. Sans rejeter à priori la possibilité d'une variation de A avec la concentration, je ne puis me résoudre à accepter ces deux résultats comme exacts et je suis persuadé que ces divergences sont dues aux difficultés des observations.

°/₀ aldéh.	°/₀ alc.	n_D 18°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
100,000	0,000	1,3392	1,33920	1,00000	0,000	0,000	
(81,085	18,915	1.3538	1,34311	0,99210	0,790)	5,750	(7,28)
(74,095	25,905	1,3614	1,34458	0.98765	1,235)	7,347	(5,95)
61,563	38,437	1,3718	1,34716	0,98204	1,796	8,931	*4,98*
52,037	47,963	1,3775	1,34915	0,97942	2,058	9,692	*4,71*
42,010	57,990	1,3790	1,35124	0,97987	2,013	9,496	*4,71*
36,362	63,638	1,3784	1 35243	0.98116	1,884	8,711	*4,63*
30,581	69,419	1,3764	1,35364	0,98347	1,653	7,629	*4,62*
(21,612	78,388	1,3727	1,35552	0,98749	1,251)	5,585	(4,47)
20,992	79,008	1,3720	1,35579	0,98818	1,182	5,450	*4,61*
10.012	89,988	1,3660	1,35798	0,99413	0,587	2,902	*4,94*
0,000	100,000	1,3601	1,36010	1,00000	0,000	0,000	

La grandeur anormale de A pour ces deux solutions peut être due ou bien à ce que la densité observée est trop forte, ou

---

(¹) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 77 (1911), 284.

bien encore à ce que l'indice de réfraction est trop faible. En relevant sur un diagramme les valeurs de C_v, j'ai pu constater que la courbe obtenue — tout en étant un peu bombée dans la portion correspondant aux valeurs anormales de A (ce qui serait le signe d'une densité trop grande) — n'en est pas moins très régulière dans son ensemble. Les essais de densité ont, du reste, été faits avec un grand soin, comme on peut s'en convaincre en lisant dans l'original ce qui se rapporte à la méthode opératoire, et les résultats obtenus se rapprochent très certainement de la vérité.

On n'en peut pas dire autant des déterminations d'indice de réfraction : la courbe C_n subit dans la zone des mélanges riches en aldéhyde des incurvations curieuses qui me paraissent être l'expression d'un manque évident d'exactitude. Il est aisé de se rendre compte que des changements dans la concentration peuvent survenir facilement pour ces solutions très riches en aldéhyde, quand on songe que l'indice est déterminé à une température inférieure de 3° à peine du point d'ébullition de l'acétaldéhyde, et surtout que cette détermination a lieu avec un réfractomètre de Zeiss, qui est certainement l'instrument le moins bien adapté pour une recherche précise de ce genre. On peut encore se rendre compte de l'imprécision de cette dernière méthode par le fait que, dans une zone de concentration où A est sensiblement constant (et beaucoup moins sujette aux erreurs), sa valeur tombe subitement à 4,47 pour une solution à 21,6 °/₀, alors qu'elle est de 4,62 pour une solution qui n'en diffère que de 0,6 °/₀ : la comparaison entre les courbes C_v et C_n montre à l'évidence que c'est la détermination de l'indice de réfraction qui est fautive.

En tout état de cause, il serait désirable de recommencer ces expériences, surtout en ce qui concerne l'indice de réfraction, de même que de nouvelles recherches plus précises sur le système acétaldéhyde + eau — déjà examiné précédemment (¹)

(¹) *Journ. chim. phys.*, 1910, 664; *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1911, 50.

— seraient les bienvenues. Si les essais que j'ai rapportés à cette occasion au sujet des solutions aqueuses ne brillaient pas par leur exactitude, on n'y constatait pourtant pas des anomalies du même genre; il serait donc pour le moins étrange que l'alcool, dont l'action sur l'acétaldéhyde est certainement plus faible que celle de l'eau, donnerait lieu à des changements plus intenses que ce dernier liquide.

En admettant donc que A est vraiment constant pour toutes les concentrations et égal à 4,7, on constate que ce nombre est plus élevé que dans le cas des solutions aqueuses (4,2); le remplacement de l'eau par l'alcool éthylique dans ses mélanges avec l'acétaldéhyde a donc produit *une augmentation de la grandeur de A*.

Ammoniaque + alcool éthylique.

Une solution d'ammoniaque anhydre dans l'alcool a été examinée par Gladstone (¹). Dans le même travail, l'auteur donne la densité et l'indice de son alcool à 12°, que j'ai ramené à la température de 20°. Pour la densité de l'ammoniaque liquéfiée, je me suis servi des déterminations de Lange (²), confirmant celles de Bleekrode (³) qui indique en plus la grandeur de l'indice.

°/o NH_3.	°/o alc.	d 20°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	0,6067	0,6067	1,00000	0,000
6,883	93,117	0,7800	0,7730	0,99103	0,897
0,000	100,000	0,7890	0,7890	1,00000	0,000

°/o NH_3.	°/o alc.	n_D 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,3225	1,3225	1,00000	0,000	
6,883	93,117	1,3618	1,3591	0,99801	0,199	*4,51*
0,000	100,000	1,3619	1,3619	1,00000	0,000	

(¹) *Philos. Trans*, 1890, 32.

(²) *Zeit. für die ges. Kälteind.*, 1898.

(³) *Proc. Roy. Soc. London*, 1884.

En faisant les calculs, on obtient le nombre 4,51 pour valeur de A; on obtiendrait naturellement des nombres très voisins pour les deux autres raies sous lesquelles Gladstone a encore examiné cette solution, mais il me manque un des éléments du calcul, ne connaissant pas la dispersion de l'ammoniaque liquide.

Remarquons que la valeur de A est de 0,5 plus élevée que pour les solutions aqueuses d'ammoniaque, pour lesquelles j'ai montré précédemment (¹) que la valeur de A est 4,0; le remplacement de l'eau par l'alcool a donc produit une augmentation de la constante de réfraction du même genre que dans le cas de l'aldéhyde éthylique. D'autre part, je rappellerai que dans ma note au sujet de la polarisation rotatoire magnétique des mélanges binaires (²) j'avais examiné à ce point de vue deux solutions dans l'alcool, celles d'ammoniaque et de butylamine, et constaté que la constante de rotation Z était dans les deux cas inférieure à la valeur qu'elle atteignait pour les solutions aqueuses correspondantes. Or tout ce que l'on sait jusqu'à présent sur la constante de rotation s'accorde pour nous montrer que cette grandeur diminue toujours quand celle de A augmente, et ici encore on constate que cette règle n'est pas en défaut.

Alcool éthylique + éther éthylique.

Les expériences de Buchkremer (³) sur quatre mélanges d'alcool et d'éther montrent qu'il y a contraction de la densité et de l'indice, mais que — si l'on tient les expériences pour exactes — la valeur de A augmente assez bien avec la dilution

---

(¹) *Journ. chim. phys.*, 1910, 683; *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), in-8°, n. s., t. III, fasc. 3, 1911, 71.

(²) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), 1910, 864; *Journ. chim. phys.*, 1911, 336.

(³) Dissertation, Bonn, 1890; *Zeitschr. für phys. Chemie*, t. VI (1890).

en éther (de 4,1 à 6,5). On peut tout d'abord faire observer que les causes d'erreurs sont nombreuses et rendent incertaine la valeur de A : la difficulté d'obtenir des produits bien anhydres, la volatilité très grande de l'un d'eux (l'éther) et la petitesse de la contraction, surtout en ce qui concerne l'indice de réfraction.

°/₀ éther.	°/₀ alc.	*d* 20°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	0,72078	0,72078	1,00000	0,000
79,290	20,710	0,73893	0,73472	0,99430	0,570
59,986	40,014	0,75412	0,74822	0,99217	0,783
38,825	61,175	0,76936	0,76359	0,99250	0,750
21,150	78,850	0,78108	0.77692	0,99467	0,533
0,000	100,000	0,79349	0,79349	1,00000	0,000

°/₀ éther.	°/₀ alc.	n_D à 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,35360	1,35360	1,00000	0,000	
79,290	20,710	1,35715	1,35530	0,99863	0,137	*4,16*
59,986	40 014	1,35931	1,35689	0,99822	0,178	*4,40*
38,825	61,175	1,36067	1,35864	0,99851	0,149	*5,03*
21,150	78,850	1,36122	1,36010	0,99918	0,082	*6,50*
0,000	100,000	1,36186	1,36186	1,00000	0,000	

Une solution de ces deux liquides a déjà été examinée auparavant par Landolt (¹), et, si la valeur obtenue, soit 4,38, se range parfaitement dans la série de Buchkremer, on constatera pourtant que les nombres absolus représentant les grandeurs de contraction dépassent pour cette solution (contenant moins de 30 °/₀ d'alcool) les nombres les plus élevés obtenus par Buchkremer. Ceci simplement à titre indicatif, pour montrer la difficulté des expériences et le doute qui persiste sur leur exactitude.

(¹) *Lieb. Annalen* (1864), Suppl. IV, 11.

Alcool + éther (Landolt).

°/o alc.	°/o éther.	d à 22°5.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
—	—	—	—	—	—
100,0	0,0	0,7964	0,79640	1,00000	0,000
29,8	70,2	0,7410	0,73499	0,99189	0,811
0,0	100,0	0,7117	0,71170	1,00000	0.000

°/o alc.	°/o éther.	n_D 22°5.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,0	0,0	1,3606	1,36060	1,00000	0,000	
29,8	70,2	1,3555	1,35299	0,99815	0,185	*4,38*
0,0	100,0	1,3498	1,34980	1,00000	0,000	

Pourtant il est curieux de constater que, lors de l'étude faite précédemment (¹) du système éther + eau (particulièrement difficile à cause des faibles concentrations), on observait également une augmentation de A avec la dilution de l'éther. On aurait donc tort de mettre ces variations de A à priori sur le compte d'erreurs d'observation, sans admettre l'hypothèse que l'éther puisse se comporter différemment des autres liquides. Il n'en est pas moins vrai qu'une vérification très soignée s'impose : on remarquera, par exemple, que, si l'on s'en tenait à ces expériences, on se verrait obligé d'admettre pour A une valeur plus grande pour les solutions aqueuses que pour les solutions alcooliques, alors que les exemples précédents nous ont fourni la preuve du contraire.

Il y a lieu également d'étendre les recherches sur d'autres solutions éthérées : si l'éther présente des difficultés de travail à cause de sa grande mobilité et de son point d'ébullition très bas, il est, par contre, précieux à cause de son pouvoir dissolvant intense envers beaucoup d'autres liquides et la facilité relativement grande de l'obtenir à l'état de pureté.

(¹) *Journ. chim. phys.*, 1910, 675, et *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique* (Sciences), 1911, 62.

MÉLANGES DE DEUX ACIDES.

A ce sujet, j'indiquerai les résultats des calculs faits en partant des expériences de Buchkremer (Dissertation Bonn, 1890).

Acide butyrique + acide acétique.

°/o acide butyr.	°/o acide acét.	d 20°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	0,97225	0,97225	1,00000	0,000
75,892	24,108	0,98841	0,99043	1,00204	-0,204
53,237	46,763	1,00564	1,00815	1,00249	-0,249
26,029	73,971	1,02878	1,03029	1,00147	-0,147
0,000	100,000	1,05239	1,05239	1,00000	0,000

°/o acide butyr.	°/o acide acét.	n_D 20°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,39505	1,39505	1,00000	0,000	
75,892	24,108	1,38937	1,39005	1,00049	-0,049	*4,27*
53,237	46,763	1,38464	1,38533	1,00050	-0,050	*4,98*
26,029	73,971	1,37938	1,37976	1,00028	-0,028	*5,25*
0,000	100,000	1,37446	1,37446	1,00000	0,000	

La constance de A ne paraît pas des meilleures, mais il faut tenir compte de ce que les variations du volume (dilatation) et surtout de l'indice sont excessivement faibles, ce qui fait que la moindre erreur d'expérience altère considérablement le résultat final. Dans des systèmes tels que ceux-ci, où les valeurs observées se confondent presque avec les valeurs théoriques, il est même à prévoir que la présence d'impuretés devient un facteur non négligeable pour la production des variations observées; dans le cas de deux acides en particulier, les dernières traces d'eau sont bien difficiles à éliminer.

Un mélange de 47,85 °/o d'acide butyrique + 52,15 °/o d'acide acétique a été examiné par Landolt (1); le calcul m'a donné une faible dilatation de C_v (0,066 °/₀), mais par contre une légère contraction de C_n; il n'y a donc pas de concordance, et je n'ai pas tenu compte de ce résultat.

Il y aurait aussi à examiner les *mélanges de deux alcools* (monols) entre eux. A priori, les changements de volume doivent être du même ordre que ceux des mélanges de deux acides d'une même série, sinon plus faibles encore. Les calculs que j'ai faits sur quelques mélanges étudiés par Landolt (*loc. cit.*) m'ont confirmé dans cette opinion, mais les expériences n'atteignent pas la précision requise pour qu'il soit permis d'exprimer ces faibles quantités par des nombres avec quelque chance d'approximation. Du reste, les études de Bose (2) sur les chaleurs de mélange de systèmes binaires montrent que les variations de température produites par l'introduction d'un alcool dans l'autre sont pour ainsi dire nulles, ce qui confirme parfaitement le manque presque absolu d'action réciproque entre les homologues d'une même série organique.

MÉLANGES DE DEUX LIQUIDES DE LA SÉRIE CYCLIQUE.

Outre les solutions dans le sulfure de carbone, l'alcool et d'autres liquides aliphatiques dont il a été question plus haut, je vais montrer par quatre exemples que pour les mélanges binaires de substances cycliques il existe également une constante de réfraction invariable avec la concentration.

Essence de térébenthine + benzol.

Pour ce système, dont l'étude a été faite par Hess (3), le mélange se produit avec une dilatation; les quatre solutions donnent des résultats que l'on peut considérer comme excellents, si l'on tient compte que les variations sont de faible amplitude. Dans son ensemble, A paraît subir une légère diminution depuis les grandes jusqu'aux petites longueurs d'onde, ce qui serait conforme aux observations relatées plus haut et, en particulier, pour les solutions dans le sulfure de carbone. Les moyennes de A sont : 2,276 pour la raie C, 2,277 pour la raie D, 2,270 pour la raie F et 2,217 pour la raie G'. Pourtant, en l'absence d'autres expériences, il serait peu prudent de généraliser, vu que les différences d'une raie à l'autre sont plus faibles que les différences d'une concentration à l'autre pour une même raie.

---

(1) *Lieb. Annalen*, Suppl. IV (1856), 11

(2) *Götting. Nachr.*, Math.-phys. Klasse, 1907.

(3) *Wiener Sitzber.*, 1907, 1245, et *Ann. der Physik* (4), 27 (1908).

°/o essence. —	°/o C_6H_6. —	d 15°. —	d_v. —	$d_v : d$. —	C_v. —
100,000	0,000	0,86136	0,86136	1,00000	0,000
79,923	20,077	0,86344	0,86572	1,00265	-0,265
60,186	39,814	0,86609	0,87006	1,00470	-0,470
39,960	60,040	0,87071	0,87455	1,00441	-0,441
20,412	79,588	0,87646	0,87893	1,00282	-0,282
0,000	100,000	0,88355	0.88355	1,00000	0,000

°/o essence. —	°/o C_6H_6. —	n_C 15°. —	n_v. —	$n_v : n$. —	C_n. —	A. —
100,000	0,000	1,46635	1,46635	1,00000	0,000	
79,923	20,077	1,47115	1,47286	1,00116	-0.116	*2,284*
60,186	39,814	1,47651	1,47931	1,00190	-0,190	*2,474*
39,960	60,040	1,48308	1,48602	1,00198	-0,198	*2,228*
20,412	79,588	1,49054	1,49253	1,00133	-0,133	*2,120*
0,000	100,000	1,49938	1,49938	1,00000	0,000	

Moyenne : **2,276**

°/o essence. —	°/o C_6H_6. —	n_D 15°. —	n_v. —	$n_v : n$. —	C_n. —	A. —
100,000	0,000	1,46913	1,46913	1,00000	0,000	
79,923	20,077	1,47427	1,47599	1.00117	-0,117	*2,265*
60,186	39,814	1,48000	1,48282	1,00191	-0,191	*2,459*
39,960	60,040	1,48697	1,48989	1,00196	-0,196	*2,250*
20,412	79,588	1,49474	1,49676	1,00132	-0,132	*2,136*
0,000	100,000	1,50402	1,50402	1,00000	0,000	

Moyenne : **2,277**

% essence.	% C_6H_6.	n_{F} 15°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,47628	1,47628	1,00000	0,000	
79,923	20,077	1,48234	1,48412	1,00120	-0 120	*2,208*
60,186	39,814	1,48898	1,49187	1,00194	-0,194	*2,423*
39,960	60,040	1,49697	1,49988	1,00195	-0,195	*2,262*
20,412	79,588	1,50576	1,50780	1,00129	-0,129	*2,186*
0,000	100,000	1,51610	1,51610	1,00000	0,000	

Moyenne : **2,270**

% essence.	% C_6H_6.	$n_{\mathrm{G'}}$ 15°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,48220	1,48220	1,00000	0,000	
79,923	20,077	1,48915	1 49091	1,00118	-0,118	*2,246*
60,186	59,814	1,49663	1,49954	1,00194	-0,194	*2,425*
39,960	60,040	1,50546	1,50852	1,00203	-0,203	*2,172*
20,412	79,588	1,51519	1 51729	1,00139	-0,139	*2,028*
0,000	100,000	1,52656	1,52656	1,00000	0,000	

Moyenne : **2,217**

Anéthole + sulfocyanate de phényle.

Les deux mélanges examinés par Zecchini donnent lieu à une dilatation de chacune de leurs constantes physiques, et la valeur moyenne de A est 0,87.

% anéth.	% sulf.	t°.	d t°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
55,19	44,81	21,4	1,04620	1,04801	1,00173	-0,173
58,53	41,47	26,2	1,03651	1,03836	1,00181	-0 181

% anéth.	% sulf.	t°.	n_{D} à t°.	n_v.	$n_v : n$	C_n.	A.
55,19	44.81	21,4	1,59563	1,59887	1,00203	-0,203	*0,852*
58,53	41,47	26,2	1,58993	1,59317	1,00204	-0,204	*0,887*

Bromnaphtaline + sulfocyanate de phényle.

°/o brom.	°/o sulf.	d 19°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
60,02	39,98	1,31675	1,31898	1,00169	-0,169

°/o brom.	°/o sulf.	n_D 19°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
60,02	39,98	1,65384	1,65483	1,00060	-0,060	2,8

Pour ce système, également étudié par Zecchini, mais à une seule concentration, on constate aussi qu'il y a dilatation de densité et de réfraction; mais comme les variations de ces propriétés sont fort faibles, je n'attache pas beaucoup d'importance à la valeur absolue obtenue pour A (2,8), surtout en l'absence d'autres mélanges à titres différents.

Enfin, je n'ai pu utiliser les données de Zecchini pour le système aldéhyde cinnamique + anéthole, vu que les deux solutions examinées sont renseignées comme ayant le même indice de réfraction, erreur qu'il m'est impossible de corriger.

Trois mélanges de thymol et de benzol examinés par Zoppellari (1) donnent des changements de densité et de réfraction tellement faibles qu'il n'est guère possible de déterminer la valeur de A. Le fait que pour un système de deux liquides aussi apparentés les grandeurs observées coïncident pour ainsi dire complètement avec les grandeurs calculées n'a rien d'étonnant : on a vu qu'il en était ainsi entre les différents termes d'une série homologue pour les substances aliphatiques.

J'ai ainsi terminé la revue des mélanges binaires au sujet desquels les expériences ont été faites par d'autres auteurs; cette étude prouve à suffisance que les systèmes binaires non aqueux possèdent une constante de réfraction tout comme les systèmes aqueux; et les conclusions que j'en ai déduites au cours de cet exposé permettent déjà de s'orienter suffisamment dans cette vaste question.

---

(1) *Gazz. chim. ital.*, 1905 (I), 361.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Sunier (*A.-L.-J.*). Les premiers stades de la différenciation interne du myotome et la formation des éléments sclérotomatiques chez les Acraniens, les Sélaciens et les Téléostéens. Leyde, 1911; in-8° (107 p., 6 pl.).

LIÉGE. *Université.* Ouverture solennelle des cours, le 17 octobre 1911. Discours de M. le recteur A. Gravis sur la Biologie végétale. Rapport sur la situation de l'Université pendant l'année 1910-1911.

STRASBOURG. *Commission internationale pour l'aérostation scientifique.* Observations des ascensions internationales simultanées et des stations de montagnes et de nuages. Année 1908. Fasc. 1 à 12, in-4°. 1909-1910.

PRAGUE. *K. K. Sternwarte.* Astronomische Beobachtungen, 1905-1909. (Dr L. Weinek.) 1912, in-4°.

Del Corral (*José Isaac*). Nuevos métodos para resolver ecuaciones numéricas. Madrid, 1912; in-8° (XXII-304 p., fig.).

Garcia Romero (*Jules*). Evolución del Globo. S. l. n. d., in-8° (16 p.).

Sjöstedt (*Philippe*). Sur l'oxydation électrolytique de quelques sulfures aromatiques. Bâle, 1911; in-8° (45 p.).

LE HAVRE. Notice sur le Museum d'histoire naturelle. Le Havre, 1911; in-8° (18 p., grav.).

Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Publications de circonstance. N° 61. Report on the international Herring-investigations during the year 1910.

CHRISTIANIA. *Université.* Det Kongelige Fredriks Universitet 1811-1911. 2 vol. in-4°.

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 6 janvier 1912.*

Félicitations à MM. Malaise, Van Bambeke, Vanlair, le chevalier Marchal, De Heen, Deruyts, Dollo, de Hemptinne, Pelseneer et Swarts pour leurs promotions ou nominations dans l'Ordre de Léopold 1

Souhaits de bienvenue à MM. Demoulin, Rutot, Lecointe et Émile Marchal. 1

Félicitations à MM. Ch. Depéret et Emile Picard, associés, respectivement lauréats du Prix Petit d'Ormoy et du Prix Jean Reynaud 2

Correspondance.

Remerciements de MM. Demoulin, Rutot, élus membres; G. Lecointe et Ém. Marchal, élus correspondants; Ch. Depéret, élu associé. — Remerciements de MM. Bernstein et Knapen pour les prix qui leur ont été accordés. — Hommage d'ouvrage 2

Prix perpétuels.

Travaux reçus et nomination des jurys pour la cinquième période du Prix Édouard Mailly et pour la seconde période du Prix Léo Errera 2, 3

Élection.

M. A. Jorissen est élu directeur pour 1913 3

Rapports.

Avis verbal de M. De Heen (Étude sur la machine d'Atwood); par Ch. François 3

Avis verbal de MM. Lameere et Willem (Sur le processus de formation des neutres chez les Abeilles); par Éd. Demachy 3

Rapports de MM. F. Swarts et Jorissen (Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques); par L. Michiels 4

Rapports de MM. L. Fredericq et Willem (Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien); par Paul Delava . 5

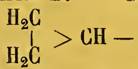
Rapports de MM. L. Fredericq et Willem (De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins); par Jacques Roskam 6

Rapports de MM. Swarts et De Heen (Sur les alliages et les dépôts électrolytiques de radium); par Fr. De Mare et Ch. Jacobs 7

Communications et lectures.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les premiers restes de Tortues fossiles recueillis au Congo;* par Louis Dollo 8

CHIMIE. — *Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques du type*



$\begin{matrix}H_2C\\ |\\ H_2C\end{matrix} > CH - X$; par Louis Michiels 10

PHYSIOLOGIE. — *Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien;* par Paul Delava 35

PHYSIOLOGIE. — *De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins* (communication préliminaire) (5 diagrammes); par Jacques Roskam 41

PHYSICO-CHIMIE. — *Alliages et dépôts électrolytiques de radium;* par Frédéric De Mare et Charles Jacobs 53

PHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »* (première note); par F. Schwers 55

Bulletin bibliographique 81

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

495
A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 2

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 1[illegible] 1937
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

By Transfer
Coast & Geod. Survey
July 16, 1929

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 3 février 1912.

M. Ch. Francotte, directeur.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, M^el Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, L. Fredericq, J. Neuberg, Paul Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. Rutot, *membres;* V. Willem, A. de Hemptinne, P. Stroobant, J. Verschaffelt, L. Dollo. Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

M. Ch. Van Bambeke s'excuse, par télégramme, de ne pouvoir assister à la séance.

En ouvrant la séance, M. le Directeur adresse les félicitations de la Classe à M. Dollo au sujet de la médaille Murchison que la Société géologique de Londres lui a décernée pour l'ensemble de ses travaux paléontologiques. (*Applaudissements.*)

CORRESPONDANCE.

La Classe prend officiellement notification de la mort de M. Théophile Durand, membre de la Section des sciences naturelles, né à Saint-Josse-ten-Noode, le 4 septembre 1855, y décédé le 12 janvier dernier.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir en même temps qu'il a adressé une lettre de condoléances à la famille du défunt.

M. Francotte, satisfaisant à l'usage établi en la circonstance, a prononcé un discours aux funérailles, qui ont eu lieu le lundi 15 suivant. En termes émus il rappelle brièvement la carrière de M. Durand.

Ce discours paraîtra au *Bulletin.*

M. Émile Marchal accepte de rédiger pour l'*Annuaire* la notice du défunt.

— M. le Ministre des Sciences et des Arts fait parvenir une expédition de l'arrêté royal, en date du 3 janvier, qui approuve l'élection de MM. Alphonse Demoulin et Aimé-Louis Rutot en qualité de membres titulaires.

— Le même Ministre fait savoir que le Comité directeur de l'Association internationale pour l'essai des matériaux a invité le Gouvernement à se faire représenter au VI^e Congrès de cette Association, qui se tiendra à Washington et à New-York en septembre 1912. Il demande à connaître le nom des personnes qui accepteraient une délégation, laquelle aurait un caractère purement honorifique.

— La Classe décide de prendre part à la manifestation en l'honneur du chimiste Van 't Hoff, qui a figuré dans ses rangs comme associé étranger.

— L'Académie des sciences naturelles de Philadelphie annonce qu'elle célébrera, les 19-21 mars prochain, son 100^{e} anniversaire de fondation.

La Société royale de Londres fait savoir qu'elle célébrera, le 17 juillet suivant, son 250^{e} anniversaire de fondation.

Une adresse de félicitations signée par M. le Secrétaire perpétuel, conformément aux articles 14 et 15 des statuts, sera adressée à ces deux institutions.

— La Classe renvoie :

1° A MM. de Hemptinne et De Heen un travail de M. Moreau, de l'Observatoire royal d'Uccle : *Influence de l'interposition de sphères de verre entre les électrodes;*

2° A MM. le Paige, Lagrange et Stroobant, une note de M. Jean Vincent, directeur scientifique du Service météorologique à l'Observatoire royal d'Uccle : *Cirro-cumulus et alto-cumulus.*

— Hommages d'ouvrages :

Par M. le Ministre de l'Industrie et du Travail :

Texte explicatif et levé géologique de la planchette de Couvin ; par E. Maillieux.

Par M. Ch. Francotte :

Appareil pour la préparation et le triage du plankton.

Par M. M^{ce} Delacre :

Université de Gand. Thèses de chimie, fasc. 1-3.

Par M. Paul Pelseneer :

Siboga-Expeditie : Les Lamellibranches de l'Expédition du Siboga. Partie anatomique.

Par M. E. De Wildeman :

Études sur la flore des districts des Bangala et de l'Ubangi. Plantæ Thonnerianae Congolenses, série II (avec une note posthume de M. Th. Durand, qui figure ci-après).

Par M. Ernest Solvay :

Sur l'établissement des principes fondamentaux de la gravito-matérialitique.

Allocutions relatives à la gravito-matérialitique.

Par M. Maurice Lecat :

Abrégé de la théorie des déterminants à dimensions, avec de nombreux exercices.

— Remerciements.

Discours prononcé aux funérailles de Théophile Durand, membre de l'Académie (¹); par C.-J.-P. Francotte, directeur, président de l'Académie.

Au nom de l'Académie royale de Belgique, je remplis en ce moment un douloureux devoir en rendant un suprême hommage à notre estimé confrère Durand, qui est ravi si prématurément à notre affection à l'âge de 56 ans.

Pendant de nombreuses années, alors que notre regretté confrère Crépin était directeur du Jardin botanique, et que presque journellement je venais lui rendre visite, j'ai pu apprécier le zèle infatigable, l'inlassable assiduité du travailleur consciencieux que nous venons de perdre, et je sais combien son chef le tenait en haute estime. Combien de fois aussi je l'ai vu courbé à sa table de travail, plongé dans ses études absorbantes dont rien ne pouvait le distraire! Quand vint le moment pour lui d'obtenir la juste récompense de ce long et fructueux labeur, d'accord en cela avec des amis compétents, j'allai lui annoncer que nous avions le plus grand espoir qu'il serait bientôt des nôtres; il en fut fort étonné; il ne se reconnaissait aucun mérite tellement sa modestie était grande, et, si je l'avais laissé conclure, il aurait décliné cet honneur. Il fut unanimement accueilli parmi nous comme membre correspon-

---

(¹) Décédé à Saint-Josse-ten-Noode (Bruxelles), le 12 janvier 1912. Les funérailles ont eu lieu le lundi 15 suivant.

dant le 4 juin 1904 et proclamé comme tel dans la séance publique de décembre. En 1910, il devint membre titulaire.

Il s'était fait du travail une véritable loi qu'il avait su inculquer aux siens; et c'est ainsi qu'il avait associé à ses recherches une botaniste distinguée, M^lle Hélène Durand, sa fille. Ils publièrent ensemble un mémoire intitulé : *Sylloge Florae Congolanae.* Ce travail considérable constitue une base solide pour les recherches sur la flore congolaise; aussi fut-il couronné par l'Académie royale et obtint-il en 1909 le Prix Émile Laurent.

Déjà en 1896, notre confrère Durand avait publié, avec le savant professeur H. Schinz, de Zurich, un vaste ouvrage intitulé : *Étude sur la flore de l'État indépendant du Congo* et que l'Académie royale avait accueilli dans ses *Mémoires.*

Enfin, en 1909, il prononça, à la séance solennelle et publique de la Classe des sciences, un excellent discours qui fut fort applaudi; il avait pris pour sujet : *Les recherches botaniques au Congo belge de 1885 à 1910, et leurs résultats.*

En 1906, notre regretté confrère Errera travaillait activement à la notice biographique de François Crépin, lorsqu'une mort foudroyante vint le terrasser. La Classe des sciences chargea Durand de terminer ce travail commencé par un savant du plus haut mérite; il s'acquitta de cette tâche avec un réel talent, et l'œuvre a une telle unité qu'il n'est pas possible de reconnaître, à la lecture, la part qui revient à l'un ou à l'autre des collaborateurs.

La notice bibliographique de Durand, publiée par l'Académie, contient une longue liste de travaux remarquables dont un botaniste parlera avec plus de compétence que moi. Son œuvre scientifique sera appréciée dans la bibliographie académique qu'il est de tradition de publier pour perpétuer la mémoire des membres de l'Académie disparus. Pour terminer, nous dirons encore, cependant, que des rapports concernant des travaux et des prix académiques lui furent souvent confiés par la Classe des sciences; il apportait à accomplir ce devoir un soin extrême et une grande conscience; c'était d'ailleurs un orateur clair et concis; mais, soit qu'il improvisât, soit qu'il lût ce qu'il avait à dire, sa parole était très élégante et son style était très châtié. Nous aimions toujours à l'entendre.

L'Académie royale de Belgique, et, en cette circonstance, je suis persuadé que je suis son fidèle interprète, estime que notre regretté confrère Durand a bien mérité de la Science qu'il a servie avec désintéressement et aussi avec un dévouement sans bornes, lui consacrant sans compter toute l'énergie de sa vaste et belle intelligence.

Je puis proclamer qu'il a bien mérité de la Patrie parce que, par ses études et par ses travaux, il a contribué à étendre nos connaissances concernant les richesses végétales de notre immense Colonie d'Afrique et parce que ses recherches ont été justement appréciées au delà de nos frontières, à telle enseigne que la célèbre Université de Genève lui conféra, au mois de juillet 1909, à l'occasion de son centenaire, le grade de docteur *honoris causa*, distinction réservée aux seuls savants de mérite.

La disparition de notre confrère et ami Durand laisse un grand vide parmi nous. Nous avions tous pour lui la plus vive sympathie qu'il avait su conquérir par la droiture et l'aménité de son caractère. C'était un esprit élevé; il avait l'âme haute, les aspirations et les conceptions scientifiques sincères et désintéressées, et c'est bien de lui que l'on peut dire que dans toutes les circonstances de la vie il a pratiqué la maxime du Psalmiste : Soyez bon, faites le bien et cherchez la justice!

A sa famille éplorée, au nom de l'Académie royale de Belgique, nous présentons le témoignage ému de nos regrets et les sentiments de nos vives et sincères condoléances; puissent les sympathies que nous lui exprimons alléger quelque peu sa profonde douleur!

Cher confrère et ami, recevez notre suprême adieu.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

Ém. De Wildeman, *Études sur la flore des districts des Bangala et de l'Ubangi (Congo belge) ou Plantae Thonnerianae Congolenses*. Série II.

Cet important livre, qui ne comprend pas moins de 465 pages, 51 gravures dans le texte et 20 planches hors texte, est consacré à l'étude des plantes récoltées par le naturaliste F. Thonner au commencement de 1909 dans le Congo belge.

Comme en 1906, les herborisations de F. Thonner ont été très fructueuses; elles ont amené, notamment, la découverte d'un certain nombre d'espèces et de variétés nouvelles pour la science.

Tel est l'ouvrage que j'ai l'honneur d'offrir à la Classe au nom de mon collègue Émile De Wildeman, conservateur des herbiers au Jardin botanique de l'État, à Bruxelles.

Th. Durand.

RAPPORTS.

Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents (cinquième communication); par M^lle^ Scouvart.

Rapport de M. J.-E. Verschaffelt, premier commissaire.

« Le travail de M^lle^ Scouvart est la cinquième d'une série de communications qui ont paru dans le *Bulletin* (1910, n^os^ 6 et 7, et 1911, n^os^ 1 et 6) sous le même titre, et dans lesquelles l'auteur détermine la vitesse des ondes lumineuses dans diverses directions d'un cristal, en observant les déviations que font subir à ces ondes les prismes formés par les faces naturelles de ce cristal.

Dans ses recherches précédentes, M$^{\text{lle}}$ Scouvart avait opéré sur des substances peu biréfringentes, la topaze et la barytine; elle s'est adressée maintenant à une substance fortement biréfringente, l'aragonite.

Sa méthode d'étudier expérimentalement la forme de la surface d'onde, ou plutôt la forme d'une section de la surface des vitesses normales, consiste à placer le cristal dans une cuvette à faces parallèles, contenant un liquide dont l'indice est intermédiaire entre les indices extraordinaires maximum et minimum dans le plan considéré. On observe alors que dans deux positions du cristal les ondes extraordinaires ne sont pas déviées, c'est-à-dire traversent le cristal avec la même vitesse normale que dans le milieu ambiant. L'observation de ces positions dans divers liquides et la détermination des indices absolus de ces liquides, dont les inverses sont les vitesses de propagation des ondes dans ces milieux, la vitesse dans le vide étant prise comme unité, permettent de construire par points la section extraordinaire de la surface des vitesses normales.

M$^{\text{lle}}$ Scouvart a fait ainsi des observations dans le plan des axes optiques de l'aragonite. Les résultats sont d'accord avec la théorie.

Je propose l'insertion de ce travail dans le *Bulletin*. »

M. De Heen, second commissaire, s'est rallié à cette proposition, laquelle est adoptée.

COMMUNICATIONS ET LECTURES

L'Institut et le Musée océanographiques de Monaco,

par le chevalier Edm. MARCHAL, secrétaire perpétuel de l'Académie.

M. Armand Gautier, président sortant de l'Académie des sciences de Paris, dans son discours prononcé à la séance publique annuelle le 18 décembre dernier, a consacré un chapitre très suggestif, auquel nous ne saurions rester indifférents, aux bienfaiteurs de l'Institution nationale française pendant la même année.

« Il y a quelque quarante ans, dit l'honorable académicien, un jeune paysan normand, Tranquille Loutreuil, partait pour Moscou, engagé comme ouvrier dans une fabrique russe. Celle-ci n'ayant pas fait fortune, on remercia Loutreuil, qui se trouva tout à coup isolé dans un pays dont il connaissait à peine la langue, sans autres ressources que sa jeunesse, son énergie et le désir de vivre. Dans sa Normandie, il avait vu cultiver la betterave; c'est tout ce qu'il savait de mieux. Il eut l'idée de proposer à un fermier russe de lui apprendre à produire cette plante fourragère et sucrière. Marché conclu, il y réussit si bien que, peu d'années après, Loutreuil créait successivement aux environs de Moscou des fabriques de sucre, fondait plus tard des usines à soude, et, s'enrichissant peu à peu, devenu propriétaire de puissantes mines, il s'élevait au rang des plus grands producteurs de l'Europe industrielle.

» Il avait fait le bien autour de lui durant sa vie; il a voulu le continuer après sa mort. Par son testament, Tranquille Loutreuil a légué à l'Académie des sciences trois millions cinq cent mille francs, somme dont le revenu annuel sera consacré à encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris ou de province (autres que les universités), ainsi que par les savants et les chercheurs libres indépendants de ces établissements, le progrès des sciences de toute nature. »

Mais arrivons au passage plus suggestif du discours de M. Gautier et auquel la Classe ne saurait rester indifférente :

« J'aurais fini, dit l'honorable Président, s'il ne me restait à remercier l'un de nos illustres associés étrangers, S. A. le Prince Albert de Monaco, d'un bienfait qui, pour ne pas nous arriver directement, n'en est pas moins précieux. Le 23 février dernier, le Prince inaugurait à Paris l'Institut océanographique, complément du Musée de Monaco, ouvert aux savants de tous les pays, Institut qui est, à cette heure, l'un des plus beaux joyaux scientifiques de notre capitale. En le livrant à la Ville de Paris et à la France, le Prince prononçait ces paroles :

« L'État doit pourvoir aux besoins supérieurs de la vie natio-
» nale. Il doit favoriser l'essor de la vérité scientifique, où la
» pensée de la civilisation trouve son principal appui contre les
» entraînements d'une hérédité inconsciente ou l'anarchie de
» désirs formés dans la fièvre du progrès moderne... Faites une
» large part à l'influence scientifique dans l'éducation de la jeu-
» nesse; vous mettrez ainsi dans le cœur des hommes une
» énergie qui dissipera les fantômes évoqués par l'ignorance
» autour de leur berceau et vous préparerez pour la nation un
» meilleur équilibre moral. »

M. Armand Gautier ajoute : « Puisse (mais à peine en ai-je l'espoir), puisse ce vœu se réaliser et la science devenir avec la morale les seuls titres de gloire qu'un jour ambitionnera le cœur humain! »

Plus d'un jeune savant belge a déjà bénéficié des avantages de l'Institut océanographique pour ses recherches de biologie méditerranéenne, ce dont l'Académie est reconnaissante à l'égard de son libéral fondateur.

Pardonnez-moi, si je me fais en ce moment l'écho des paroles de Son Altesse ainsi que de celles de M. Gautier,— que je vous demande de pouvoir reproduire dans le *Bulletin des Sciences*,— honorés confrères, pour dire aussi combien nous sommes pénétrés du rôle de la science dans la civilisation. Et à cela j'ajouterai que je serais d'autant plus heureux de voir saluer par l'Académie de Belgique la création de l'Institut océanographique et du Musée, que plus d'un d'entre nous y a déjà profité des bienfaits dus à son Auguste fondateur.

M. Agathon De Potter, mort le 30 octobre 1906, beau-frère de notre illustre collègue le général Brialmont, a légué à la Classe toute la partie liquide de son héritage s'élevant à plus de neuf cent mille francs, pour encourager les chercheurs et les travailleurs par des subsides, comme en France les libéralités du Prince Roland Bonaparte. L'arrêté royal autorisant l'Académie de Belgique à accepter le legs date déjà du 7 novembre 1907.

C'est le Gouvernement qui s'occupe de la liquidation du legs, lequel est déposé à la Société Générale.

J'ai écrit récemment à M. le Ministre des Sciences et des Arts pour hâter la mise en possession de ces fonds à l'Académie. Espérons que cette solution si désirable pour la science se fasse bientôt.

Or, la plus grande ambition de la Classe des sciences serait de pouvoir sans plus de retards, comme c'est votre sentiment à tous, n'est-ce pas, chers confrères, encourager par des subsides imputés sur la Fondation De Potter, — comme le comportent la Fondation Tranquille Loutreuil et les libéralités annuelles du Prince Roland Bonaparte. Au surplus, voici les termes dont Agathon De Potter s'est servi dans son testament :

« La Classe, au fur et à mesure que les rentes s'éteindront (1), emploiera le revenu qui lui appartiendra alors, ou même une partie du capital, si un cas urgent se présentait :

» A. A récompenser des travaux scientifiques dans les domaines mathématique, physique, chimique, biologique, astronomique, etc.;

---

(1) A son ami Bordes, qui vient de mourir, et à ses deux servantes.

» b. A encourager ou récompenser les découvertes ayant pour résultat de faire disparaître les dangers graves qui déciment les ouvriers exerçant certaines professions;

» c. Et enfin, à faciliter à des travailleurs intellectuels capables, mais pauvres, soit des expériences qu'ils voudraient instituer, soit la publication des résultats de leurs recherches. »

Comme complément de ces dispositions, voici, selon moi, de quelle manière devra être faite l'attribution des annuités par la Classe tout entière, sur le rapport d'une Commission, et proclamée en séance publique du 16 décembre de chaque année.

Aucune subvention ne pourra être inférieure à mille francs (¹).

Les personnes qui désireraient bénéficier de la Fondation de Potter devront se conformer aux conditions suivantes :

Les demandes, qui peuvent être présentées par les candidats, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un membre de l'Académie, devront être adressées, chaque année, avant le 1er janvier, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, 1, rue Ducale, Bruxelles.

Ces demandes devront contenir un exposé précis des travaux, avec plans ou figures à l'appui, pour lesquels la subvention est demandée et indiquer la somme estimée nécessaire pour les réaliser.

Les bénéficiaires devront adresser, dans les douze mois, à M. le Secrétaire perpétuel un rapport succinct, relatif à la manière dont ils auront employé les ressources mises à leur disposition et aux résultats qu'ils auront obtenus.

Tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de rapport avec ses annexes dans les délais voulus sera exclu du droit de recevoir de nouvelles subventions.

(¹) Sur le Fonds Bonaparte elles sont de deux mille francs au moins chaque année.

La primeur de la publication des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînerait pour l'auteur la perte de l'avantage de recevoir d'autres subsides.

Je désirerais, Messieurs et honorés confrères, que la Classe des sciences me charge de saisir le Gouvernement du vœu de pouvoir réaliser, sans plus tarder encore, les dispositions d'Agathon De Potter.

ASTRONOMIE. — **Note sur l'aspect actuel de Saturne;**

par P. STROOBANT, correspondant de l'Académie.

Divers observateurs ont annoncé récemment qu'ils avaient constaté des modifications sensibles dans l'aspect de Saturne et de ses anneaux (¹). L'état du ciel ne nous a permis de faire, depuis quelque temps, qu'une seule observation de cette planète dans des conditions assez bonnes, et encore, par moments, les images manquaient de netteté.

Les anneaux présentent actuellement à fort peu près la même ouverture que pendant l'opposition de 1887 durant laquelle nous les avons observés fréquemment (²), à l'aide de l'équatorial de 38 centimètres d'ouverture de l'Observatoire royal. Nous avons fait usage cette année, le 27 janvier, du même instrument muni d'oculaires grossissant respectivement 320 et 480 fois.

Notre observation, qui a eu lieu de 5 h. à 5 h. 45 m., temps moyen de Greenwich, ne nous a pas permis de constater des changements remarquables dans l'aspect de la planète et de ses anneaux.

(¹) *Astronomische Nachrichten*, nº 4548.

(²) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3ᵉ sér., t. XIV, nº 11, 1887.

Sur le globe on aperçoit la large bande équatoriale claire, bordée au sud par une bande sombre, puis vient une zone grise terminée par une seconde bande sombre, moins bien marquée que la première, puis une zone plus claire et, enfin, la calotte polaire australe uniformément grise.

L'anneau extérieur, A, est foncé; sur la partie postérieure de l'anse occidentale il semble plus sombre et un peu moins large, comme si la division de Cassini prenait en ce point une plus grande extension. Dans l'anse orientale, l'anneau paraît divisé en deux parties concentriques, la partie extérieure étant la plus claire; on soupçonne la division d'Encke.

L'anneau moyen, B, est, comme toujours, le plus brillant; la zone sombre qui en occupe la partie intérieure est plus étroite, semble-t-il, que lors de nos observations antérieures.

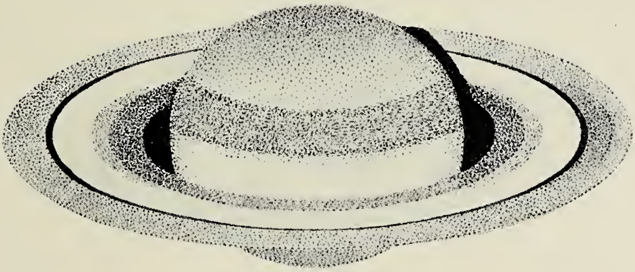
L'anneau sombre, C, se distingue facilement; on aperçoit, dans l'anse orientale, une masse plus sombre, voisine de l'ombre du globe sur les anneaux.

Celle-ci paraît régulière et parallèle au limbe de Saturne; elle est peut-être un peu plus large près de la division de Cassini.

L'anneau sombre devant le disque de la planète est plus foncé du côté occidental.

Telles sont les particularités que l'observation du 27 janvier nous a permis de constater et que nous avons essayé d'indiquer dans le dessin qui accompagne cette note.

P. STROOBANT, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 2, 1912.



Aspect de Saturne, le 27 janvier 1912.

OPTIQUE. — **Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents** (cinquième communication),

par Mlle A. SCOUVART.

1. — Introduction.

Les recherches décrites dans les communications précédentes (*) avaient porté sur des cristaux peu biréfringents : la topaze et la barytine. Celles qui sont décrites dans la présente communication se rapportent à un cristal fortement biréfringent : l'aragonite.

La méthode employée est la même que précédemment : on mesure les déviations que font subir aux ondes lumineuses les prismes formés par les faces naturelles du cristal; mais, pour faire en sorte que ces déviations ne soient pas très fortes, le cristal est plongé dans un liquide contenu dans une cuvette à faces parallèles.

On a vu précédemment que dans ces conditions la forme de la surface des vitesses normales peut être soumise à deux vérifications expérimentales bien simples :

1° Dans un liquide d'indice bien déterminé, les prismes symétriques doivent faire subir aux ondes extraordinaires une déviation indépendante de l'angle d'incidence (déviation extraordinaire constante);

2° Dans tout liquide dont l'indice est compris entre les indices maximum et minimum du cristal, on peut trouver des positions du cristal pour lesquelles les ondes ne sont pas déviées (déviation extraordinaire nulle). Ces positions font

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, juin et juillet 1910, janvier et juin 1911.

connaître les directions dans lesquelles la lumière se propage dans le cristal avec la même vitesse que dans le milieu ambiant; en faisant cette observation dans divers milieux, on peut déterminer une série de rayons vecteurs de la surface des vitesses normales et construire celle-ci par points.

Dans une partie de ces recherches, la flamme colorée au sodium (lumière D), qui servit jusqu'ici exclusivement de source lumineuse, fut remplacée par un tube de Plücker, contenant de l'hélium et donnant sous l'action d'un inducteur un spectre formé de plusieurs raies, dont les principales ont pu être observées. Ce sont, avec les notations par lesquelles elles seront désignées (*) :

Raie rouge brillante (R)	$\lambda = 6678$	u. Å.
Raie jaune très brillante (J) . . .	$\lambda = 5876$	»
Raie verte brillante (V_1)	$\lambda = 5016$	»
Raie verte assez vive (V_2)	$\lambda = 4922$	»
Raie bleue assez vive (B_1)	$\lambda = 4713$	»
Raie bleue vive (B_2)	$\lambda = 4471$	»

Le but de l'emploi d'une source lumineuse émettant diverses radiations était d'observer, si possible, dans un même liquide, mais sur des radiations différentes, la transition, pour les ondes extraordinaires, d'un minimum de déviation positif à un minimum de déviation négatif, en passant par un maximum de déviation et une déviation constante, transition qui, dans les recherches précédentes, avait été obtenue pour une même lumière par une variation dans la composition du liquide.

Le petit nombre des raies brillantes de l'hélium n'a malheureusement pas permis de faire cette observation.

Dans les conditions indiquées, les observations faites nécessitent la connaissance des indices des liquides employés, notamment l'eau et la naphtaline monobromée, pour les longueurs

---

(*) Ces longueurs d'onde ont été empruntées aux tables annuelles des constantes et données numériques de chimie, physique et technologie (prospectus de décembre 1911).

d'onde correspondant aux raies de l'hélium. Les valeurs de ces indices ont été déduites d'une courbe donnant les indices en fonction de la longueur d'onde, et construite pour l'eau d'après les données numériques des tables de Kohlrausch (*) (indices par rapport à l'air à 18° pour les raies principales du spectre solaire); pour la naphtaline monobromée d'après les déterminations de Walter (**) (indices par rapport à l'air à 20°).

Indices absolus.

RAIES.	EAU A 18°.	NAPHT. MONOBR. à 20°.
R	1,3315	1,6487
J	1,3337	1,6589
V_1	1,3369	1,6777
V_2	1,3374	1,6805
B_1	1,3385	1,6880
B_2	1,3400	1,6983

Ces indices ont été réduits à la température de l'expérience : pour l'eau, en prenant

$$\Delta n_{1^\circ} = -0{,}00008$$

entre 15° et 20° (Kohlrausch); pour la naphtaline monobromée, en prenant

$$\Delta n_{1^\circ} = -0{,}00048 \text{ (***)}.$$

2. — Description du cristal.

Le cristal d'aragonite qui a servi aux mesures (fig. 1) était formé par les quatre faces de protoprisme m (110), avec le brachypinacoïde g^1 (100) et terminées d'un côté seulement par un biseau formé par le protobrachydôme e^1 (101). De l'autre côté,

---

(*) F KOHLRAUSCH, *Lehrbuch der praktischen Physik*, 1910.

(**) *Tables physico-chimiques* de Landolt-Börnstein-Meyerhoffer.

(***) Toutes les températures de la quatrième communication sont affectées d'une erreur en excès de 3°.

le cristal se terminait par une cassure à peu près parallèle à la base *p* (001).

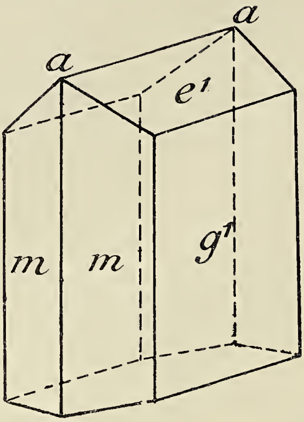


Fig. 1.

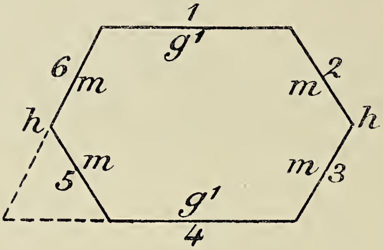


Fig. 2.

Dans la zone mg^1 (fig. 2), seules les faces notées 2, 4, 5 et 6 étaient suffisamment planes pour donner au goniomètre des images nettes par réflexion, de sorte que seuls les angles 6-5, 6-2, 5-4 ont pu être déterminés avec précision.

6-5 = 116°11′
6-2 = 63°49′
5-4 = 121°48′

Il s'en déduit pour 6-4 la valeur 57°59′.

Les valeurs obtenues pour les angles indiquent une asymétrie dans la forme du cristal; en effet, en supposant la symétrie parfaite et en admettant pour 6-5 la valeur 116°11′, on trouverait pour 5-4 121°54′ 30″. Cette valeur est en désaccord avec l'observation.

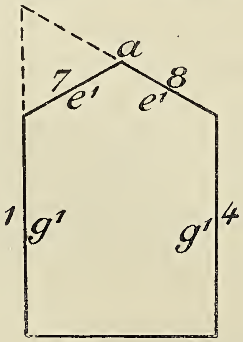


Fig. 3.

Dans la zone e^1g^1 (fig. 3), la surface marquée 7 était très défectueuse ; l'image qu'elle fournissait de la fente était multiple; seul l'angle 8-4 put être mesuré. Il a été trouvé = 125°50′.

Il s'ensuit : 8-1 = 54°10′.

3. — Mesures d'indices dans la zone mg^1.

Les mesures ont porté sur les prismes symétriques aigu 6-2 (63°49′) et obtus 6-5 (116°11′) et sur les prismes asymétriques aigus 1-5 et 6-4 (57°59) et obtus 1-6 et 5-4 (121°48′).

Dans l'air, les images étaient trop peu nettes pour donner des mesures dignes de confiance ; des mesures n'ont donc été faites que dans l'eau et la naphtaline monobromée.

a. — MESURES DANS L'EAU.

Dans l'eau, lorsque la lumière employée est celle d'un tube de Plücker à hélium, le champ a un aspect particulier : toutes les déviations sont positives, mais les images extraordinaires que l'on reconnaît à leur état de polarisation sont seules étalées en un spectre assez étendu, caractéristique du gaz hélium ; l'image ordinaire est réduite à une raie très brillante, blanchâtre, bordée du côté des déviations croissantes d'une fine raie verte, puis d'une autre bleue, toutes deux très faibles.

Le système formé par chacun des prismes de la zone mg^1 plongeant dans la cuvette pleine d'eau constitue donc un système à peu près achromatique, au moins pour la partie la moins réfrangible du spectre lumineux ordinaire. La légère coloration observée est due à une faible dispersion au passage de l'eau dans l'air. En effet, au degré d'approximation des mesures faites le rapport $\frac{r}{v}$ de la vitesse de propagation de la lumière dans le cristal (ondes ordinaires) et dans l'eau fut trouvé constant pour toutes les raies (voir ci-dessous). Il y aurait donc dans l'eau achromatisme parfait pour toutes les raies visibles du gaz hélium.

Toutes les mesures faites dans l'eau ont été réduites à la température de 16°5. A cette température, les indices absolus de l'eau pour les raies observées sont :

1,3316	pour	R.
1,3338	»	J.
1,3370	»	V_1.
1,3401	»	B_2.

Les prismes symétriques et asymétriques aigus seuls ont fourni des images nettes. L'observation de ces images au minimum de déviation a fait connaître deux des indices principaux du cristal :

1° *Indices ordinaires de la zone* mg^1.

α) Prisme symétrique aigu (63°49′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	+14°34′30″	+10°54′	0,1148	1,5287
J . . .	+14°34′30″	+10°53′	0,1148	1,5309
V_1 . .	+14°37′	+10°53′	0 1148	1,5346
B_2 . .	+14°38′45″	+10°53′	0,1148	1,5381

β) Prisme asymétrique aigu (57°59′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	+12°50′45″	+9°37′	0,1148	1,5284
J . .	+12°50′45″	+9°36′	0,1148	1,5306
V_1 . .	+12°52′45″	+9°36′	0,1148	1,5343
B_2 . .	+12°53′45″	+9°35′30″	0,1147	1,5377

2° *Indices extraordinaires suivant l'axe* h_1.

Prisme symétrique aigu (63°49′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	+27° 1′15″	+19°57′30″	0.1263	1,6820
J . . .	+27°13′45″	+20° 4′	0,1264	1,6866
V_1 . .	+27°34′30″	+20°16′	0,1267	1,6939
B_2 .	+27°55′30″	+20°27′30″	0,1269	1,7010

b. — MESURES DANS LA NAPHTALINE MONOBROMÉE.

Aux températures où les observations ont été faites (voisines de 15°), l'indice de la naphtaline monobromée est intermédiaire entre l'indice ordinaire et les indices extraordinaires de l'aragonite dans la zone mg^1, sauf toutefois pour la raie bleue B_2.

Il s'ensuit que les images ordinaires passent par un minimum de déviation négatif, les images extraordinaires par un minimum de déviation positif, sauf celles qui correspondent à la raie B_2. Ces dernières sont encore déviées négativement.

Toutes les mesures faites ont été réduites à la température 15°5, pour laquelle les indices absolus de la naphtaline monobromée sont :

1,6509	pour	R.
1,6611	»	J.
1,6799	»	V_1.
1.6827	»	V_2.
1,6902	»	B_1.
1,7005	»	B_2.

Les prismes sur lesquels ont porté les mesures sont tous ceux résultant de la combinaison des faces du cristal (zone mg^1) ; toutefois les prismes asymétriques obtus ont encore donné des images peu nettes.

Les indices principaux, déduits de l'observation des minima de déviation, sont donnés dans les tableaux suivants :

1° *Indices ordinaires de la zone* mg_1.

α) PRISME SYMÉTRIQUE AIGU (63°49′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	− 8°39′	−5°14′	0,9256	1,5281
J . . .	− 9°13′	−5°32′	0,9213	1,5304
V_1 . .	−10°16′	−6° 5′30″	0,9132	1,5341
V_2 . .	−10°26′	−6°11′	0,9119	1,5345
B_1 . .	−10°51′	−6°24′	0,9088	1,5360
B_2 . .	−11°27′	−6°42′30″	0,9043	1,5378

β) Prisme symétrique obtus (116°11′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	-21° 7′	-12°36′30″	0,9256	1,5281
J . . .	-22°27′30″	-13°18′	0,9212	1,5302
V_1 . .	-24°57′	-14°33′	0,9131	1,5339
V_2 . .	-25°20′30″	-14°44′30″	0,9119	1,5344
B_1 . .	-26°20′30″	-15°13′30″	0 9087	1,5359
B_2 . .	-27°45′	-15°54′	0,9043	1,5377

γ) Prisme asymétrique aigu (57°59′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R . .	- 7°45′	-4°41′	0,9254	1,5278
J . .	- 8°15′30″	-4°57′30″	0,9210	1,5299
V_1 . .	- 9°12′30″	-5°28′	0,9128	1,5335
V_2 . .	- 9°21′	-5°32′30″	0,9116	1,5339
B_1 . .	- 9°43′30″	-5°44′	0,9085	1,5356
B_2 . .	-10°15′30″	-6° 0′30″	0,9040	1,5374

δ) Prisme asymétrique obtus (121°48′).

En lumière du sodium (D) à 17°5.

δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
-24°32′	-14°29′30″	0,9212	1,5301

2° *Indices extraordinaires suivant l'axe* h_1.

Prisme symétrique aigu (63°49′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_x.
R . .	+2°11′30″	+1°19′30″	1,0185	1,6814
J . . .	+1°46′30″	+1° 4′	1,0149	1 6858
V_1 . .	+0°57′30″	+0°34′	1,0079	1,6932
V_2 . .	+0°49′30″	+0°29′30″	1′0069	1,6943
B_1 . .	+0°29′30″	+0°17′30″	1,0041	1,6971
B_2 . .	+0°	+0°	1,0000	1,7005

A 15°5, l'image extraordinaire correspondant à la raie B_2 est confondue, dans la position du minimum de déviation, avec l'image centrale non déviée.

3° *Indices extraordinaires suivant l'axe* g_1.

PRISME SYMÉTRIQUE OBTUS (116°11').

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_y.
R . . .	+ 4°57'30"	+ 3° 0'	1,0160	1,6773
J . .	+ 3°48'30"	+ 2°17'30"	1,0123	1,6815
V_1 . .	+ 1°38'	+ 0°58'30"	1,0053	1,6888
V_2 . .	+ 1°17'30"	+ 0°46'	1,0042	1,6897
B_1 . .	+ 0°26'	+ 0°15'	1,0014	1,6925
B_2 . .	− 0°52'	− 0°30'30"	0,9972	1,6957

On remarquera que les valeurs trouvées pour les indices, par observation dans la naphtaline monobromée, sont toutes un peu plus petites (de 0,0006 en moyenne) que celles déduites des mesures faites dans l'eau. Cette différence tient probablement à ce que la naphtaline monobromée employée avait un indice légèrement supérieur à celui qu'indiquent les tables. Toutefois, les écarts observés dépassant à peine l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales, nous n'avons pas cru devoir corriger ces valeurs.

c. — PARTICULARITÉS DE LA DÉVIATION EXTRAORDINAIRE.

Les mesures qui viennent d'être décrites permettent de déterminer dans quelles circonstances on pourrait observer les particularités de la déviation extraordinaire, dont il a été question dans les communications précédentes, savoir un maximum de déviation extraordinaire, une déviation extraordinaire constante et une déviation extraordinaire nulle (*). Ces circon-

---

(*) La particularité d'une déviation moyenne (ord.-extr.) constante, observée pour la topaze et la barytine, n'existe qu'en première approximation et ne s'observe donc que dans les cristaux peu biréfringents.

stances peuvent être réalisées de trois façons : par variation de la nature des radiations, par variation de la nature du liquide et par variation de la température.

Pour bien comprendre les circonstances dans lesquelles ces particularités se manifestent, nous avons tracé la figure 4, qui représente, pour 15°5, les courbes de dispersion (variation de l'indice avec la longueur d'onde) de la naphtaline monobromée et de l'aragonite, pour les ondes extraordinaires dans les directions des axes g^1 et h^1. A cause du pouvoir dispersif très élevé de la naphtaline monobromée, la courbe de dispersion de ce

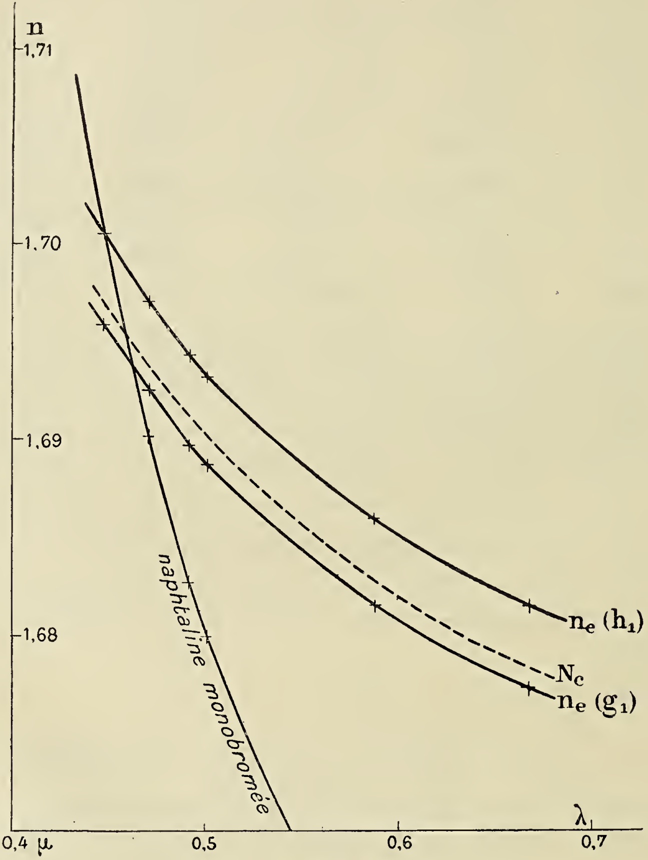


Fig. 4.

liquide descend rapidement et coupe dans la région du bleu les deux courbes de dispersion de l'aragonite.

Considérons une radiation bien déterminée, la radiation jaune de l'hélium par exemple ($\lambda = 0.5876\ \mu$). Dans tout milieu ambiant dont l'indice pour cette couleur est inférieur à 1,6815 (indice extraordinaire de l'aragonite dans la direction g^1), les ondes extraordinaires sont déviées positivement et passent par un minimum de déviation. Si $N = 1,6815$, l'onde extraordinaire g^1 a une déviation nulle au minimum. Pour N un peu plus grand, les ondes extraordinaires, déviées par le prisme symétrique obtus, passent par un maximum de déviation négative, compris entre deux déviations nulles, jusqu'à ce que la déviation extraordinaire soit devenue constante (négative), pour un indice donné par la formule

$$N_c = n_x - (n_x - n_y) \cos^2 \frac{1}{2} A \ (*),$$

où

$$n_x = 1{,}6815, \qquad n_y = 1{,}6859, \qquad A = 116^\circ 11'.$$

Cet indice est égal à 1,6827. Pour $N > 1,6827$, les ondes extraordinaires, négativement déviées par le prisme obtus, passent par un minimum de déviation (négative). Quant aux ondes extraordinaires déviées par le prisme aigu, qui étaient restées déviées positivement avec minimum de déviation jusqu'à $N = 1,6827$, elles montrent une déviation constante (positive) pour N égal à cette valeur, après quoi elles passent par un maximum de déviation positive, compris entre deux déviations nulles, jusqu'à ce que $N = 1,6859$, où la déviation (maximum ou minimum) est nulle. Si $N > 1,6859$, les déviations sont négatives avec minimum (en valeur absolue).

Un raisonnement analogue peut se faire pour toutes les

(*) Voir la formule (6') de la troisième communication. On peut se servir ici de la formule approchée, parce que dans la zone considérée la variation de l'indice extraordinaire est faible.

autres radiations. Les indices pour lesquels la déviation extraordinaire reste constante sont, pour les diverses raies de l'hélium :

Raie.	N_c.
R	1,6784
J	1,6827
V_1	1,6900
V_2	1,6910
B_1	1,6938
B_2	1,6972

Ces valeurs ont servi à tracer la courbe pointillée (N_c) de la figure 4. En résumé : pour des indices plus bas que la courbe de dispersion g^1, les déviations extraordinaires sont positives; elles sont négatives pour des indices plus élevés que la courbe h^1. Pour des indices intermédiaires, les ondes g^1 sont négativement déviées au maximum ou minimum et les ondes h^1 positivement. Enfin, les ondes g^1 passent par un maximum de déviation (négative) pour des indices compris entre les courbes g^1 et N_c; les ondes h^1 passent par un maximum de déviation (positive) pour des indices compris entre les courbes N_c et h^1 ; et pour des indices appartenant à la courbe N_c, la déviation extraordinaire est constante tant pour g^1 que pour h^1.

Nous voyons d'après la figure 4 que les particularités de la déviation extraordinaire doivent pouvoir s'observer dans la naphtaline monobromée, à 15°5, pour des longueurs d'onde comprises entre $\lambda = 0,447\ \mu$ (sensiblement la raie B_2) et $\lambda = 0,463\ \mu$. Pour $\lambda = 0,459\ \mu$, la déviation extraordinaire est constante. Entre $\lambda = 0,447$ et 0,459, le prisme aigu produit une déviation maxima positive; entre 0,459 et 0,463, le prisme obtus produit une déviation maxima négative.

Ces mêmes particularités peuvent s'observer encore dans la naphtaline monobromée pour une radiation bien déterminée en faisant varier la température. En effet, par changement de température, les courbes de dispersion se déplacent à peu près parallèlement à elles-mêmes dans le sens de l'axe n; elles montent notamment par abaissement de température et descendent par élévation. Pour la naphtaline monobromée, ce déplacement est de 0,00048 par degré; quant aux courbes de l'aragonite, elles restent pratiquement en place, les indices de ce cristal variant bien moins avec la température que ceux du liquide.

On voit donc que les limites entre lesquelles s'observent les particularités de la déviation extraordinaire se déplacent du côté des longueurs d'onde plus grandes par abaissement de température, en sens inverse par élévation. Ainsi la déviation de B_2, nulle à 15°5 (au minimum) pour le prisme aigu, devient négative au-dessous, positive avec maximum au-dessus, jusqu'à 22°5 où la déviation est constante; puis de 22°5 à 25°, c'est le prisme obtus qui donne à B_2 une déviation avec maximum négatif; à 25° même, la déviation est nulle au maximum. De même la déviation de B_1, produite par le prisme obtus, devient nulle au minimum à 11°; elle passe ensuite par un maximum positif jusqu'à 8°, où elle devient constante pour montrer ensuite un minimum; et la déviation de B_1, produite par le prisme aigu, constante et positive à 8°, montre au-dessous de 8° un maximum positif, qui s'annule à 1° pour devenir un minimum négatif.

Ces circonstances, que la figure 4 fait prévoir, n'ont pas été réalisées par l'expérience; tel n'était pas l'objet de ces recherches.

4. — **Mesures d'indices dans la zone e_1 g_1.**

Ici les mesures n'ont été faites que dans la naphtaline monobromée et dans quelques mélanges à indices plus faibles (naphtaline monobromée et toluène). Elles ont porté surtout sur la lumière D du sodium. Tous les prismes résultant de la combinaison des faces e_1 et g_1 ont donné des images suffisamment nettes pour être mesurables; mais les faces e_1 n'existant que d'un seul côté, il n'a été possible de mesurer dans cette zone que l'indice extraordinaire suivant l'axe g_1.

a. — MESURES D'INDICES DANS LA NAPHTALINE MONOBROMÉE.

En lumière de l'hélium, les mesures ont été faites à une température de 15°5 ; en lumière D, à une température de 16°5 (indice absolu de la naphtaline monobromée = 1,6604).

Le tableau suivant donne les résultats des mesures faites.

1° *Indices ordinaires dans la zone* $e_1\,g_1$.

α) PRISME SYMÉTRIQUE OBTUS (108°20′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	+ 4°15′	+ 2°34′30″	1,0160	1,6773
(D) . .	+ 3°22′30″	+ 2° 2′	1,0127	1,6814
J . . .	+ 3°17′	+ 1°58′30″	1,0123	1,6815
V_1. . .	+ 1°29′30″	+ 0°53′30″	1,0056	1,6893
V_2. . .	+ 1° 9′30″	+ 0°41′	1,0043	1,6899
B_1. . .	Observation impossible (*).			
B_2. . .	− 0°37′30″	− 0°22′	0,9977	1 6966

β) PRISME ASYMÉTRIQUE AIGU (54°10′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
R. . .	+ 1°33′	+ 0°56′30″	1,0160	1,6774
(D) . .	+ 1°14′30″	+ 0°45′	1,0128	1,6816
J . . .	+ 1°13′	+ 0°44′	1,0125	1,6819
V_1. . .	+ 0°32′	+ 0°19′	1,0054	1,6890
V_2. . .	+ 0°25′	+ 0°15′	1,0043	1,6899
B_1. . .	Observation impossible.			
B_2. .	− 0°16′	− 0° 9′30″	0,9973	1,6959

(*) La raie était noyée dans l'irradiation de l'image de la fente.

γ) PRISME ASYMÉTRIQUE OBTUS (125 50′).

	δ'_m	δ_m	$\frac{r}{v}$	n_0.
(D) . .	+ 4°59′	+ 3° 0′	1,0130	1,6818

2° *Indice extraordinaire suivant l'axe* g_1.

L'image extraordinaire du prisme symétrique obtus était peu nette, surtout au passage au minimum de déviation. La lecture faite fournit cependant une valeur concordante avec celles précédemment trouvées : en lumière (D) à 16°.

$$\delta'_m = 19^\circ 40' 30'' \qquad \delta_m = -11^\circ 42'$$

$$\frac{r}{v} = 0{,}9212. \qquad n_{g_1} = 1{,}5301.$$

b. — ANGLE DES AXES OPTIQUES DES ONDES.

La cassure parallèle à *p*, bien que peu régulière, formait néanmoins prisme avec les faces e_1, et bien que les images obtenues fussent d'assez larges bandes, on voyait les images ordinaires et extraordinaires se superposer pour deux positions du cristal. L'angle que ces deux positions font entre elles, soit environ 17°40′ en lumière D à 13°, est l'angle des axes optiques des ondes.

Dans la direction de ces axes, l'indice extraordinaire égale l'indice ordinaire, soit 1,6816 (moyenne des valeurs trouvées).

c. — DÉVIATION NULLE DES ONDES EXTRAORDINAIRES DANS LA NAPHTALINE MONOBROMÉE.

Si dans la naphtaline monobromée on observe les images extraordinaires fournies par les prismes asymétriques aigus et obtus, on ne saisit ni maximum ni minimum de déviation, mais on voit par rotation du cristal ces images traverser rapidement le champ, et chacune venir coïncider une fois avec l'image centrale non déviée.

L'observation des positions du cristal pour lesquelles la déviation extraordinaire est nulle fournit deux directions symétriques (même valeur de ε) suivant lesquelles la vitesse de propagation des ondes extraordinaires est la même dans le cristal et dans la naphtaline monobromée. Cette circonstance a été observée pour plusieurs radiations et elle a fourni les données suivantes :

	ε (à ± 5′ près).	t.	n_ε.
R.	24°31′	12°,5	1,6523
(D)	22°40′	17°,5	1,6599
J	21°45′	13°	1,6622
V_1	15°27′	13°	1,6810

(La direction $\varepsilon = 0$ est parallèle aux faces g_1.)

d. — DÉVIATION CONSTANTE DES ONDES EXTRAORDINAIRES.

Nous pensions trouver une vérification à la théorie de la biréfringence dans l'observation de la déviation extraordinaire constante, cette fois, pour un prisme fortement biréfringent.

Mais on a vu que l'image extraordinaire donnée par le prisme symétrique obtus est peu nette dans la naphtaline monobromée; elle le devient moins encore dans les mélanges de naphtaline monobromée et de toluène.

Nous avons cependant pu observer dans un liquide d'indice voisin de 1,5855, au passage du minimum au maximum de déviation, que l'image extraordinaire du prisme symétrique obtus (lumière D) semble en effet rester en place quand l'incidence varie.

D'après ce que nous avons vu antérieurement (*), le phénomène doit se produire dans un liquide d'indice

$$N_c = \sqrt{n_x^2 \sin^2 \omega + n_y^2 \cos^2 \omega},$$

soit

$$N_c = 1{,}5853.$$

---

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1910, n° 5, p. 383.

e. — DÉVIATION NULLE DES ONDES EXTRAORDINAIRES DANS DIVERS MÉLANGES.

La déviation nulle des ondes extraordinaires observée dans la naphtaline monobromée est caractéristique encore des milieux liquides d'indices décroissants, obtenus par addition de toluène à la naphtaline monobromée. Lorsque l'indice du liquide est inférieur à celui pour lequel a lieu la déviation extraordinaire constante (1,5853), l'image extraordinaire du prisme symétrique obtus passe deux fois par l'image centrale non déviée en présentant un maximum de déviation. Ce passage s'observe évidemment en même temps que celui des images extraordinaires des prismes asymétriques. Quand l'indice du milieu liquide est moindre que 1,5301, toutes les images passent par un minimum de déviation positif.

Dans chaque liquide j'ai observé pour le cristal ces positions de déviation extraordinaire nulle. Les nombres (δ_1 ou ε) ne sont connus qu'avec une approximation de quelques minutes ($\pm 5'$).

Les indices des liquides ont été déduits de l'observation du minimum de déviation ordinaire ou du maximum de déviation extraordinaire, en admettant comme indices principaux de l'aragonite suivant l'axe g^1 en lumière D les valeurs

$$n_o = 1{,}6816$$
$$n_e = 1{,}5301.$$

Les indices ainsi calculés (raie D) sont :

ε.	n_ε.
—	—
30°17′	1,6422
38°55′	1,6196
50° 9′	1,5894
61°28′	1,5632
75° 7′	1,5390
82°17′	1.5327

L'inverse de ces indices représente la vitesse normale de propagation r dans la direction ε (la vitesse dans le vide étant prise pour unité).

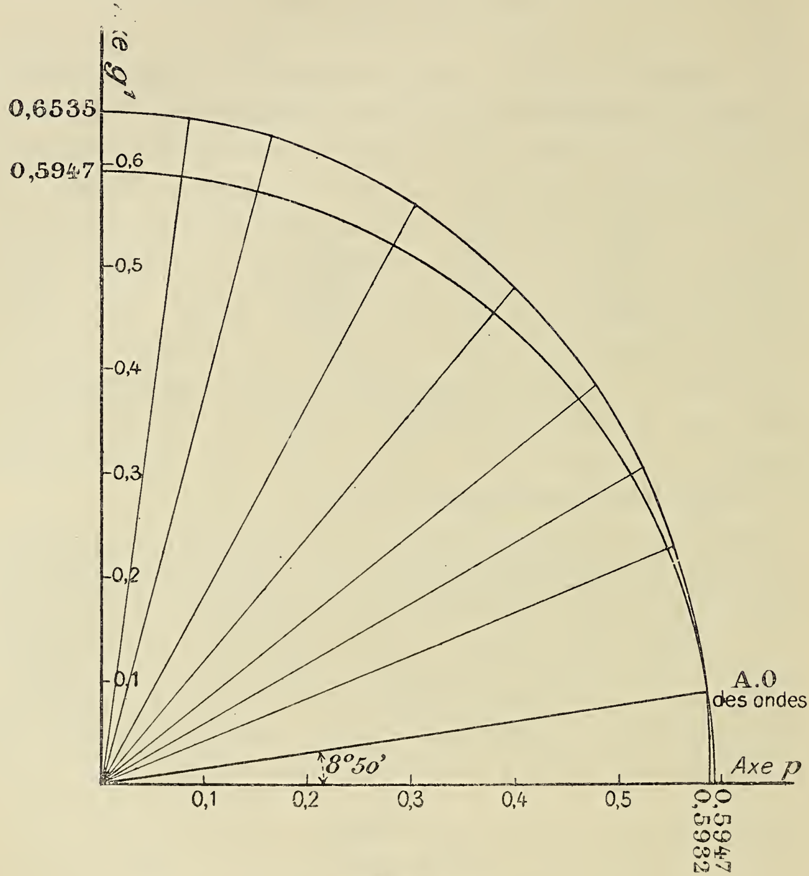

e g'
0,6535
0,5947
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
A.O
des ondes
Axe p
8°50'
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,5932
0,5947

Fig. 5.

Ces vitesses sont données dans le tableau suivant :

ε.	r mesuré.	r calculé.
0°	(0,5932)	$b = 0{,}5932$
8°50′	0,5947	0,5947
22°40′	0,6025	0,6026
30°17′	0,6089	0,6091
38°55′	0,6174	0,6176
50° 9′	0,6292	0 6295
61°28′	0,6397	0,6403
75° 7′	0,6498	0,6498
82°17′	0,6524	0,6525
90°	(0,6535)	$a = 0{,}6535$

La valeur $\varepsilon = 8°50'$ correspond à la direction des axes optiques pour laquelle $n_\varepsilon = n_0 = 1,6816$ à 13°, et la valeur $\varepsilon = 22°40'$ aux directions pour lesquelles n_ε égale l'indice de la naphtaline monobromée à 17°5.

La troisième colonne contient les valeurs que r doit avoir d'après la formule

$$r = \sqrt{a^2 \sin^2 \varepsilon + b^2 \cos^2 \varepsilon},$$

déduite de la théorie. On voit que la concordance est suffisante eu égard au degré de précision des mesures.

Avec les valeurs trouvées pour r, nous avons construit par points la section faite par le plan h_1 dans la surface des vitesses normales. A l'échelle employée, les différences entre les valeurs déduites de l'expérience et les valeurs calculées sont insensibles; elles disparaissent dans l'épaisseur du trait.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Francotte (Charles). Appareil pour la préparation et le triage du plankton. Monaco, 1912; in-8° (12 p., fig.).

Pelseneer (Paul). Les Lamellibranches de l'Expédition du Siboga. Partie anatomique. Leyde, 1911; extr. in-4° (125 p., 26 pl.).

Stroobant (Paul). Les progrès récents de l'astronomie (IV. — Année 1910). Bruxelles, 1912; extr. in-16 (132 p., fig.).

de la Hault (Adhémar). Conférence faite à Virton. Bruxelles, s. d.; in-8° (16 p., fig.).

De Wildeman (E.). Étude sur la flore des districts des Bangala et de l'Ubangi (Congo belge). Plantæ Thonnerianæ Congolenses. Série II. Introduction par M. Fr. Thonner. Bruxelles, 1911; gr. in-8° (XVII-465 p., 51 gr., 29 pl. et cartes hors texte).

Lecat (Maurice). Abrégé de la théorie des déterminants à *n* dimensions, avec de nombreux exercices. Gand, 1911; in-4° (XVI-156 p.).

Solvay (Ernest). Sur l'établissement des principes fondamentaux de la gravito-matérialitique. Bruxelles, 1911; in-8° (X-108 p.).

Solvay (Ernest). Allocutions relatives à la gravito-matérialitique prononcées à l'ouverture et à la clôture du « Conseil de physique » tenu à Bruxelles du 29 octobre au 3 novembre 1911. In-8° (8 p.).

Vincent-Arnould. Le mode planétaire. Chapitre VIII. Réforme des calendriers. L'Almanach perpétuel et universel. Les cours des planètes. Bruxelles, s. d.; in-8° (32 p., fig.).

BRUXELLES. *Ministère de l'Industrie et du Travail. Service géologique.* Texte explicatif du levé géologique de la planchette de Couvin. (E. Maillieux.) 1912.

— *Société royale de médecine publique et de topographie médicale.* Topographie médicale du Royaume. Zone III. De la Campine. Section 25. 1911.

GAND. *Université.* Thèses de chimie exécutées sous la direction et publiées par les soins du professeur Delacre. Fasc. 1 à 3; 1911.

—

Von Ammon (Dr Ludwig). Schildkröten aus dem Regensburger Braunkohlenton. Regensburg, 1911; extr. in-8° (35 p., 5 pl., 8 fig.).

—

PARIS. *Institut de France. Académie des sciences.* Procès-verbaux des séances de l'Académie tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. Tome I. An IV-VII (1795-1799). In-4°, 1910.

—

Nijland (A.-A.). De Kometen 1911, C, F en G. Utrecht, 1911; in-8° (4 p., 1 pl.).

da Costa Ferreira (Antonio-Aurelio). A technica histologica e as theorias da osteogenese. Coïmbre, 1903; extr. in-8° (16 p.).

— La capacité du crâne et la profession chez les Portugais. Paris, 1903; extr. in-8° (6 p.).

— La capacité cranienne chez les criminels portugais. Extr. in-8° (7 p.).

— Estadistica hospitalar. Coïmbre, 1905; extr. in-8° (23 p.).

— Cranios portuguêses. III. Capacidade. Coïmbre, 1906; in-8° (124 p., 1 pl.).

— Sur le traitement des infections puerpérales. Lisbonne, 1906; extr. in-8° (8 p.).

da Costa Ferreira (Antonio-Aurelio). Do tratamento das infecções puerperaes pelo collargol. Coïmbre, 1906; extr. in-8° (7 p.).

— Oxydabilidade das aguas. Coïmbre, 1907; extr. in-8° (15 p.).

— Sur un crâne du type nordique. Coïmbre, 1908; in-8° (4 p., fig.).

— Idiotie et taches pigmentaires chez un enfant de 17 mois. Coïmbre, 1908; extr. in-8° (5 p., gr.).

— Asthme infantile. Erreur de diagnostic. Coïmbre, 1909; extr. in-8° (5 p.).

— Sobre un caso de clinica pedagogica. Coïmbre, 1910; extr. in-8° (6 p.).

— Artérite oblitérante. Coïmbre, 1910; extr. in-8° (4 p.).

— O ensino das ciencias physiconaturaes na escola primaria portuguêsa. Lisbonne, 1910; extr. in-8° (3 p.).

— Herculano sob o ponto de vista anthropologico. Coïmbre, 1911; extr. in-8° (4 p.).

— Sur l'apophyse marginale du malaire. Lisbonne, 1911; extr. in-8° (6 p., 2 fig.).

— Sobre algunas cabeças mumificadas de Maoris. Lisbonne, 1911; extr. in-8° (4 p., gr.).

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 3 février 1912.*

Félicitations à M Dollo pour sa médaille Murchison 83

Correspondance.

Notification de la mort de Théophile Durand. — Approbation royale de l'élection de MM. Demoulin et Rutot. — M. le Ministre des Sciences et des Arts demande que la Classe nomme des délégués au sixième congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux. — La Classe prend part à la manifestation en l'honneur du chimiste Van 't Hoff. — Des félicitations seront exprimées à l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie et à la Société royale de Londres à l'occasion de leur jubilé. — Travaux à l'examen. — Hommages d'ouvrages. 84

Discours aux funérailles de Théophile Durand; par M. Ch. Francotte . . . 86

Bibliographie.

De Wildeman (Em.). — *Études sur la flore des districts des Bangala et de l'Ubangi;* note par Th. Durand 89

Rapports.

Rapports de MM. Verschaffelt et De Heen. (Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents. Cinquième communication); par Mlle Scouvart 89

Communications et lectures.

L'Institut et le Musée océanographiques de Monaco; par le chevalier Edmond Marchal 91

Astronomie. — *Note sur l'aspect actuel de Saturne* (1 pl.); par Paul Stroobant. 95

Optique. — *Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents;* cinquième communication (5 fig.); par Mlle Scouvart. 97

Bulletin bibliographique 115

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

6.493
16

mi

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 3

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 1
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 2 mars 1912.

M. Ch. Francotte, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, M^{el} Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. Rutot, *membres;* V. Willem, P. Stroobant, L. Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

M. le Directeur adresse à M. Mourlon les félicitations de la Classe au sujet de sa promotion au grade de grand officier de l'Ordre de Léopold II.

Il adresse également les félicitations de la Classe à M. Charles Julin, élu correspondant de l'Institut national genevois. — (*Applaudissements.*)

CORRESPONDANCE.

Par un télégramme du 12 février, la Société Royale de Londres avait invité l'Académie à s'associer, par un délégué, aux funérailles solennelles de lord Lister, fixées au 16 suivant, dans Westminster.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir qu'il a immédiatement répondu par la dépêche suivante : « Société Royale de Londres : L'Académie royale de Belgique vient d'apprendre, sous l'impression de la plus profonde douleur, la perte que vient de faire la Société Royale en la personne de lord Lister.

L'Académie s'associe, non seulement au deuil de l'Angleterre, mais aussi de l'humanité entière au sujet de la mort du célèbre chirurgien qui a sauvé l'existence de milliers de blessés par son pansement antiseptique. »

— M. le Secrétaire communique le texte de l'Adresse qu'il a envoyée à l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie, au sujet de son centième anniversaire qui aura lieu les 19, 20 et 21 mars. Il propose de remercier M. Julin qui a bien voulu fournir les éléments de cette adresse. — Adopté.

— M. Depéret, associé, doyen de la Faculté des sciences de Lyon, remercie pour les félicitations qui lui ont été adressées au sujet du prix Petit d'Ormoy, que lui a décerné l'Académie des sciences de Paris.

— Le service de la Carte géologique de Belgique envoie les *Addenda et Errata au texte explicatif du levé géologique de la planchette de Couvin.*

— Hommages d'ouvrages :

Par M. André Vander Mensbrugghe :

Discours prononcés aux funérailles de Gustave Vander Mensbrugghe, le 24 octobre 1911.

Vie et travaux de G. Vander Mensbrugghe; par J. Thirion, S.J. (Présentés par M. le Secrétaire perpétuel.)

Par M. Paul Pelseneer :

Deux Mollusques parasites de Mollusques.

Par M. Mod. Stuyvaert :

Un complexe cubique de droites.

Par M. Foveau de Courmelles :

L'Année électrique, électrothérapique et radiographique, 1911.

— Remerciements.

— Travaux soumis à l'examen :

1° *Sur la cinématique des milieux continus*, par Th. De Donder. — Commissaires : MM. de la Vallée Poussin et Demoulin.

2° *Études sur les Chironomides de Belgique*, par le Dr M. Goetghebuer. — Commissaires : MM. Willem et Lameere.

3° *Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »*. 2e note : *Examen de quelques anomalies*, par F. Schweers. — Commissaires : MM. De Heen et Swarts.

— M. Van Bambeke présente, avec quatre planches à l'appui, une *Contribution pour servir à l'histoire de* Lycogala flavofuscum *(Ehr.) Prost., myxomycète nouveau pour la flore belge.* — La Classe en décide l'impression dans les *Mémoires* in-8°.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR L'ANNÉE 1913.

Sciences mathématiques et physiques.

PREMIÈRE QUESTION.

Apporter une contribution nouvelle à nos connaissances sur l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. — Prix : 800 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Faire l'historique de l'état de nos connaissances en ce qui concerne le frottement intérieur des liquides et des gaz et compléter l'état des connaissances par des expériences nouvelles, principalement en ce qui concerne les fluides pris dans le voisinage de la température critique. — Prix : 1000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une étude importante sur les combinaisons organométalliques d'un ou plusieurs métaux de la famille du chrome. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à la géométrie infinitésimale des surfaces courbes. — Prix : 800 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

Résumer les travaux sur les systèmes de cubiques gauches et faire de nouvelles recherches sur ces systèmes. — Prix : 800 francs.

Sciences naturelles.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur les transformations qu'éprouvent les matières azotées dans l'organisme animal ou végétal. — Prix : 1000 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande des recherches organogéniques sur l'appareil urinaire de l'Amphioxus. — Prix : 1000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organogenèse des glandes sexuelles des oiseaux. — Prix : 1000 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la nature (myogène ou neurogène) de l'origine de la pulsation cardiaque chez un vertébré. — Prix : 1000 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

Description pétrographique et géologique d'une région métamorphique de l'Ardenne. — Prix : 800 francs.

SIXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le phénomène de la réviviscence chez les végétaux. — Prix : 1000 francs.

Les mémoires devront être inédits et écrits lisiblement. Ils pourront être rédigés en français, en flamand ou en latin; ils devront être adressés, francs de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1er août 1913.

Dispositions générales concernant les concours annuels.

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage; ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse; il est défendu de faire usage d'un pseudonyme. Faute de satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront connaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant à cet effet au Secrétaire perpétuel.

PRIX CHARLES LEMAIRE.

QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Dixième période : 1er juillet 1911 au 30 juin 1913.)

Conformément aux dispositions testamentaires de Mlle Lemaire, un prix de *quatorze cents francs* sera décerné, tous les deux ans, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur des questions relatives aux travaux publics.

Seront seuls admis les ouvrages présentés par des auteurs belges ou naturalisés. Ils devront être rédigés en français ou en flamand, et publiés en Belgique pendant la période du 1er juillet 1911 au 30 juin 1913.

Ils devront être adressés, francs de port, avant le 30 juin 1913, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

La Classe des sciences, interprétant largement les termes de la donation, considérera comme questions relatives aux travaux publics :

a) Tout d'abord et de préférence, les expériences et les œuvres pratiques se rattachant directement à l'art et à la science de l'ingénieur;

b) Puis, et subsidiairement, les recherches théoriques sur la résistance des matériaux, sur la stabilité de construction, sur l'hydraulique.

La Classe admettra comme concurrents non seulement ceux qui feront parvenir à M. le Secrétaire perpétuel, dans le délai déterminé ci-dessus, des mémoires publiés pendant la période fixée, sur les objets précités, mais encore ceux qui signaleront leurs études, leurs expériences, leur pratique concernant les mêmes objets par un simple rapport, bref et précis, adressé également au Secrétaire perpétuel de l'Académie.

RAPPORTS.

Sur l'avis de M. le Paige, une note de M. A.-J. Servaas van Rooyen, sur une pendule avec sonnerie, portant l'adresse de Sarton à Liége, et appartenant au Musée municipal de La Haye, sera déposée aux archives.

Sur la nature de la systole de l'oreillette; par Henri Fredericq.

Rapport de M. V. Willem.

« L'auteur combat la doctrine classique qui assimile la systole de l'oreillette du cœur à une *secousse musculaire simple.* Il montre que les mêmes arguments qui l'ont conduit à identifier la systole ventriculaire à une *contracture musculaire,* et non à une *secousse* ou à un *tétanos* musculaire, sont applicables au cas de l'oreillette.

Les contractions spontanées et rythmées qui persistent sur un lambeau musculaire isolé, découpé dans l'oreillette droite d'un cœur de chien que l'on vient de sacrifier; celles que l'on provoque dans un fragment d'auricule, isolé pareillement, présentent les caractères mécaniques et électriques de la contracture. C'est ainsi que les graphiques de contraction auriculaire montrent, comme les graphiques de contracture des muscles du squelette, une ou plusieurs ondulations sur leur ligne de descente. De même les électrocardiogrammes de l'oreillette ont une allure complexe qui ne permet pas de les assimiler à des secousses musculaires simples.

Je propose d'insérer dans le *Bulletin* de la séance l'intéressante note de M. Henri Fredericq, avec les sept figures qui l'accompagnent. » — Adopté.

Contribution expérimentale à l'étude de l'influence des diélectriques sur la décharge disruptive. — Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition de sphères de verre entre les électrodes; par M. Moreau.

Rapport de M. A. de Hemptinne, premier commissaire.

« M. Moreau s'occupe de l'influence que subit le potentiel de décharge par l'interposition de petites sphères de verre entre les électrodes.

Cette influence est notable et a pour effet de diminuer sensiblement le potentiel de décharge, du moins lorsqu'on opère à la pression atmosphérique. Il n'en est plus de même pour les gaz raréfiés. Au-dessous d'une certaine pression, variable avec la grosseur des sphères de verre, les potentiels sont plus élevés que sans sphère.

Tous ces phénomènes s'expliquent si l'on admet que, d'une part, la présence d'un diélectrique au voisinage des électrodes favorise la décharge en concentrant les lignes de force, et que, d'autre part, la présence d'un corps entre les électrodes a pour effet de diminuer le chemin libre moyen des molécules et, par suite, de réaliser des conditions moins favorables à la décharge, les ions produits par le choc étant alors moins nombreux.

M. Moreau a étendu ses recherches à différents gaz et employé tour à tour l'électricité statique et dynamique. Il est intéressant de noter que les phénomènes varient suivant la source d'électricité employée, et dans certains cas les courbes représentatives ont une tout autre allure.

Le travail de M. Moreau est une contribution intéressante à l'étude du potentiel de décharge; j'en propose donc l'impression dans les *Bulletins*. »

M. P. De Heen, second commissaire, s'est rallié aux conclusions du savant premier commissaire. — Adopté.

PRIX LÉO ERRERA.

(*Biologie générale.*)

Deuxième période : 1909-1912.

Rapport de M. Ch. Van Bambeke, premier commissaire.

« J'ai pris connaissance des travaux que le Dr Edgard Zunz, agrégé à l'Université de Bruxelles, présente au concours pour le Prix Léo Errera (1909-1911).

J'estime que ces travaux rentrent, en partie tout au moins, comme le dit l'auteur, dans le cadre de la Biologie générale; qu'ils sont le résultat de longues et patientes recherches, et méritent d'être couronnés. Mais la nature de ces travaux étant plus particulièrement de la compétence du deuxième commissaire, M. le Professeur Léon Fredericq, celui-ci pourra donner sur leur valeur une appréciation plus longuement motivée que la mienne. »

Rapport de M. Léon Fredericq, deuxième commissaire.

« Un seul concurrent a pris part au concours pour le prix fondé par Léo Errera, pour la Biologie générale. C'est le Dr Edg. Zunz qui nous envoie un contingent copieux (contenant 25 numéros) de travaux intéressants.

Nous les classerons dans deux rubriques principales :

A. — Les nos 1-19 se rapportent à *l'étude des ferments digestifs, de leur action sur les aliments protéiques, ainsi qu'à celle des propriétés physico-chimiques et de l'action physiologique des produits de la digestion protéolytique.*

L'auteur a enrichi ce chapitre de la physiologie d'un grand nombre de faits nouveaux : ses travaux, poursuivis depuis nombre d'années, font autorité dans la matière et lui ont valu, à différentes reprises, d'être appelé à collaborer à des entreprises scientifiques internationales. Tout récemment le Prof^r Abderhalden, de Berlin, lui confiait la rédaction du chapitre relatif aux *Méthodes d'étude des produits de la digestion* dans l'*Encyclopédie de technique biochimique* (n° 10) dont il a entrepris la publication. En 1911, M. Zunz était appelé à écrire l'article *Fermente* dans le *Biochemisches Handlexikon* (n° 21^bis).

M. Zunz s'est attaché depuis des années à perfectionner les procédés d'isolement et de préparation des protéoses (voir surtout n^os 10 et 16). Il a établi d'importantes distinctions concernant l'action physiologique des diverses protéoses (n° 16). Il a poursuivi cette étude en ce qui concerne les battements du cœur isolé de la tortue (n° 17) et l'action sur la pression sanguine et sur les mouvements respiratoires (n° 18).

Son mémoire n° 20 reprend l'étude des différents poisons cardiaques sur le cœur isolé. Le n° 15 étudie le rôle des différentes protéoses dans la production de l'anaphylaxie.

Le n° 13 est consacré à l'étude du mécanisme de l'action antiprotéolytique du sérum sanguin.

Le n° 14 défend contre les attaques de Popielski le rôle spécifique joué par la sécrétine dans la sécrétion pancréatique.

Le n° 19 établit la présence d'une érepsine dans le suc pancréatique.

Le n° 12 décrit une canule intestinale et un procédé de préparation des ultrafiltres pour la séparation mécanique des diverses protéoses.

Dans les n^os 1, 2, 3, 4, 5, 6, l'auteur poursuit ses laborieuses études sur la marche progressive de la désintégration des protéines alimentaires dans le tube digestif de l'homme et des animaux. Il a le premier préconisé la méthode qui consiste à déterminer, aux stades successifs de la digestion, la répartition de l'azote entre l'acide-albumine, les divers groupes de protéoses et les autres produits de clivage des albuminoïdes, tant dans l'estomac que dans l'intestin. Il a récemment appliqué à la solution du même problème la méthode de Sörensen au formol (n^os 2, 4). Les n^os 1 et 3 se rapportent à la prolongation de la digestion gastrique sous l'influence de la morphine et de l'opium; les n^os 4, 5, 6, 7, à la digestion normale de la viande et du pain chez les mammifères.

Les n^os 8 et 9 sont deux rapports sur la digestibilité des aliments crus ou cuits, et le n° 11 traite de la contamination des aliments par des microbes pathogènes.

B. — Les n^os 21 à 25 se rapportent à un ordre d'idées qui a fait tout récemment son entrée dans le domaine de la Biologie générale, c'est-à-dire *les relations qui existent entre la tension superficielle et les phénomènes d'adsorption*.

L'auteur applique et développe ces notions nouvelles à l'étude de l'adsorption des ferments, des toxines, des lysines et de leurs anticorps. Ici aussi l'auteur se révèle chercheur heureux et critique sagace.

Évidemment les importants travaux repris sous la rubrique B rentrent directement dans la Biologie générale. Il en est de même de quelques-uns des travaux *sub* A. D'autres ont un caractère un peu plus spécial, par exemple les n^os 14, 19, 20. Cependant on ne peut nier que tous ces travaux se rattachent plus ou moins directement à la Biologie générale par l'ampleur avec laquelle les problèmes particuliers y sont envisagés ou par la portée générale des conclusions ou des considérations qui en découlent.

J'estime que l'ensemble de l'envoi de M. Zunz rentre dans les conditions du concours et que son auteur mérite pleinement le prix. »

Rapport de M. Jorissen, troisième commissaire.

« Notre savant confrère, M. Fredericq, qui possède une compétence spéciale en ce qui concerne les questions de chimie physiologique et de biologie ayant fait l'objet des travaux de M. Zunz, a formulé au sujet de ces travaux une appréciation très favorable et il ne m'appartient d'ajouter aucun commentaire aux conclusions des deux premiers commissaires. Avec eux, j'estime que M. Zunz réunit les titres requis pour bénéficier de l'attribution du Prix Errera, et je propose à la Classe de lui décerner ce prix. » — Adopté.

Liste des travaux publiés de 1909 à 1911 par le Dr Edgard Zunz, agrégé à l'Université de Bruxelles.

1. *Contribution à l'étude de l'action de la morphine sur la digestion de la viande chez le chien*; 2. *L'azote titrable par la méthode de Sörensen dans le contenu stomacal* (communication préliminaire); 3. (A titre documentaire.) *Recherches sur la digestion de la viande chez le chien soumis à l'influence de la teinture d'opium, soit complète, soit privée de morphine*, par M. Alexis Delcorte; 4. *Recherches sur l'azote titrable dans le contenu stomacal par la méthode de Sörensen au formol*; 5. *Recherches sur la digestion de la viande crue et de la viande cuite chez le chat*; 6. *Recherches sur la digestion des protéines du pain chez le chien*; 7. *Nouvelles recherches sur la digestion des protéines chez le chien*; 8. *Influence de plusieurs aliments sur la digestion de chacun d'eux et sur le degré de leur utilisation*; 9. *Modifications apportées par la cuisson à la digestion des aliments*; 10. *Methoden zur Untersuchung der Verdauungsprodukte*; 11. *Contamination des denrées alimentaires exposées en vente*; 12. *Une canule à fistule intestinale. Une pince pour la préparation des ultrafiltres*; 13. *Nouvelles recherches sur les propriétés antiprotéolytiques du sérum sanguin*; 14. *A propos du mode d'action de la sécrétine sur la sécrétion pancréatique*; 15. *A propos de l'anaphylaxie*; 16. *Nouvelles recherches sur les protéoses*; 17. *Contribution à l'étude de l'action des protéoses sur le cœur isolé de tortue*; 18. *Contribution à l'étude de l'action des protéoses sur la pression sanguine et la respiration*; 19. *Action du suc pancréatique sur les protéines et les protéoses*; 20. *De l'empoisonnement du cœur protégé et non protégé*; 21. *Recherches sur l'adsorption des toxines, des lysines et de leurs anticorps* (en collaboration avec M. le Dr Léon Jacqué); 21*bis*. *Fermente* dans *Biochemisches Handlexikon*; 22. *Sur l'adsorption des toxines et des antitoxines* (en collaboration avec M. le Dr Léon Jacqué); 23. *Tension superficielle et adsorption*; 24. *Rôle de la tension superficielle dans l'adsorption des toxines et des ferments*; 25. *Recherches sur le rôle de la tension superficielle dans l'adsorption des toxines et des antitoxines*.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Physiologie. — **Sur la nature de la systole de l'oreillette,**

par Henri FREDERICQ.

Des opinions très diverses ont été émises au sujet de la nature de la *systole du ventricule.* Certains auteurs l'ont considérée comme une *secousse musculaire simple,* d'autres comme un *tétanos* résultant de la fusion plus ou moins complète d'un petit nombre de secousses élémentaires, ou encore comme une *contracture musculaire* analogue à celle des muscles du squelette empoisonnés par la vératrine.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, de la nature de la systole de l'oreillette, ces divergences de vues disparaissent. Nous ne rencontrons plus qu'une seule opinion : c'est celle qui assimile la contraction auriculaire à une secousse musculaire simple, en tous points semblable à celle que l'on peut provoquer dans les muscles du squelette par une seule excitation très courte, un choc d'induction par exemple.

Et cette opinion est soutenue même par les auteurs qui considèrent la systole du ventricule non comme une secousse simple, mais comme un tétanos ou une contracture.

J'ai tenté de démontrer dans un travail récent (¹) que la systole du ventricule doit être assimilée à une *contracture musculaire,* en me basant sur la nature de ses manifestations méca-

---

(¹) Henri Fredericq, Sur la nature de la systole ventriculaire. (*Arch. int. physiol.*, 1911-1912, XI, 253-264, 3 fig.)

niques et électriques, et sur leur grande ressemblance avec les manifestations analogues des muscles striés volontaires empoisonnés par la vératrine. J'ajoutais que les idées de Botazzi et de M^{lle} Joteyko sur la dualité fonctionnelle du muscle et sur le rôle respectif du sarcoplasme et de la substance anisotrope dans la contraction musculaire, s'accordaient parfaitement avec ma manière de voir.

J'arrivais à cette conclusion que les électrocardiogrammes à allure complexe et les myogrammes en forme de plateau doivent être considérés en quelque sorte comme des manifestations spécifiques de la fibre musculaire du ventricule, et que la nature particulière de ces manifestations — différentes d'un tétanos ou d'une secousse simple — était en relation étroite avec la structure même du myocarde.

Or les histologistes ne signalent pas de différence notable entre la structure musculaire du ventricule et celle de l'oreillette.

Dans ces conditions, il devenait intéressant de contrôler expérimentalement l'opinion généralement admise qui assimile la systole auriculaire à une secousse musculaire simple, tandis que plusieurs auteurs admettent, au contraire, que la contraction du ventricule est un véritable tétanos et font ainsi implicitement une distinction entre l'activité physiologique de deux parties du muscle cardiaque dont la structure est cependant à peu près identique.

Pour arriver à établir quelle est la véritable nature de la systole auriculaire, le mieux était de s'adresser à des portions très limitées de l'oreillette,de façon à éliminer toute participation possible de l'activité du muscle ventriculaire à la forme particulière des tracés mécaniques et électriques que l'on se proposait de recueillir.

C'est dans ce but que j'ai étudié le myogramme et l'électrocardiogramme de lambeaux prismatiques découpés dans la paroi de l'oreillette. J'ai suivi une technique très voisine de celle que j'ai décrite à propos de l'étude de l'électrocardiogramme des lambeaux ventriculaires (¹).

Un chien de forte taille, anesthésié par la morphine (en injection sous-cutanée, 1 centigramme par kilogramme) et le chloroforme (en inhalation), est couché dans le décubitus dorsal sur la gouttière d'opération.

On lui ouvre rapidement le thorax au scalpel et à la scie, le long de la ligne médiane sternale. On fend largement le péricarde, on découpe dans la paroi antéro-latérale de l'oreillette droite un lambeau prismatique de 5 à 6 centimètres de long et de 1 à 1.5 centimètre de large, qui s'étend en longueur entre les embouchures des veines caves inférieure et supérieure. Pour fixer la paroi auriculaire pendant qu'on découpe le lambeau musculaire, une pince de Péan est préalablement fixée à chacune des deux extrémités de cette préparation musculaire.

La partie de l'oreillette ainsi isolée est précisément la région du cœur que l'on considère en général comme douée, au plus haut degré, d'automatisme.

Une préparation musculaire de ce genre bat parfaitement bien *spontanément* pendant dix à quinze minutes, sans qu'il soit nécessaire d'instaurer une circulation artificielle à travers le système vasculaire qui la parcourt. Elle se prête très bien à l'étude mécanique et à l'étude électrophysiologique de l'activité spontanée de la musculature auriculaire.

Si l'on se propose d'analyser la courbe mécanique enregistrée par ce lambeau de l'oreillette, on le fixera solidement (fig. 1) par son extrémité supérieure dans une forte pince à vis *p*; à son extrémité inférieure on attachera un petit crochet métallique *c* qui, par l'intermédiaire d'un fil, déplace un levier horizontal *l*, qui lui-même inscrit directement sur le cylindre d'un enregis-

---

(¹) Henri Fredericq, La simplification des myogrammes mécaniques et électriques du ventricule par alimentation défectueuse du cœur. (*Arch. int. physiol.*, 1911-1912, XI, 243-252.)

treur de Ludwig la courbe myographique dont on veut étudier les caractères.

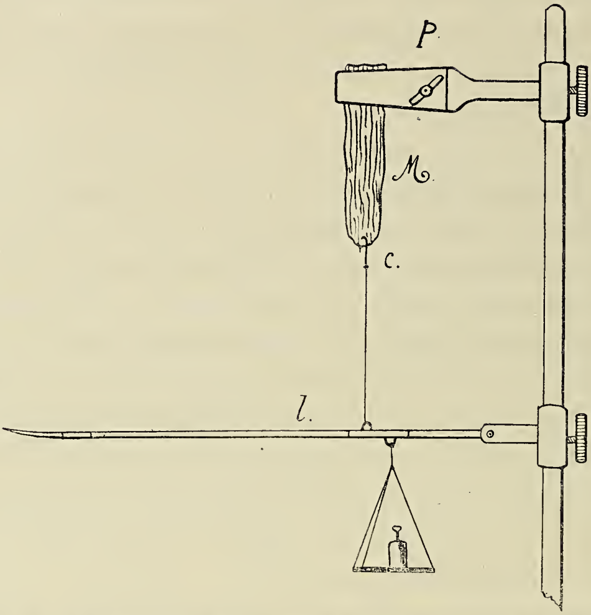


Fig. 1. — Myographe simple pour le muscle cardiaque du chien.
M. Lambeau prismatique découpé dans la paroi de l'oreillette.
l. Levier.

La figure 2 nous montre un exemple des myogrammes mécaniques recueillis dans ces conditions.

Il est facile de voir que cette courbe est très différente d'un myogramme de secousse simple, tel que nous pourrions en obtenir en excitant un muscle strié volontaire (gastrocnémien de grenouille) par une excitation unique. Sur la ligne de descente de mes tracés, on remarque très nettement l'indice d'une *contracture musculaire,* et on peut identifier cette forme particulière du tracé aux myogrammes obtenus par Weekers (¹) dans des con-

---

(¹) L. Weekers, Propriétés du muscle cardiaque isolé du chien (*Arch. int. physiol.*, 1906-1907, IV, 76-86, 13 fig. Voir fig. 2, p. 78.)

ditions semblables, au moyen de lambeaux musculaires découpés dans le ventricule.

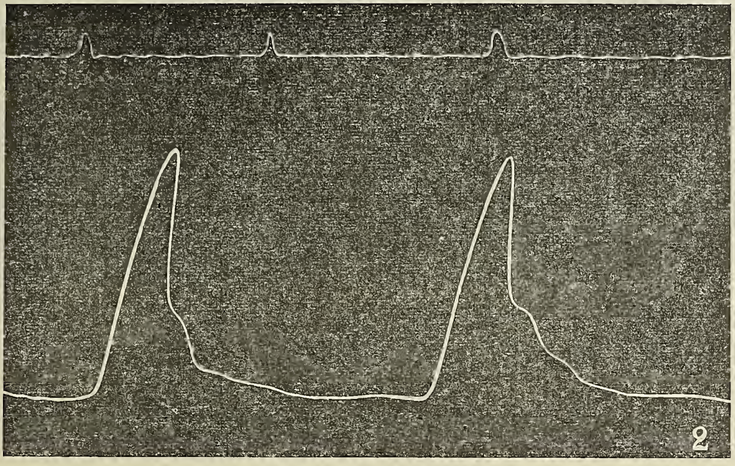


Fig. 2. — *Expérience du 23 novembre 1911.* Chien de 38 kilogrammes, anesthésié par la morphine et le chloroforme. — Tracé des contractions spontanées d'un lambeau isolé de l'oreillette droite (région du « sinus », entre les veines caves), recueilli au moyen du myographe simple, montrant sur la ligne de descente l'indice d'une contracture musculaire. Temps en secondes.

Dans le cas qui nous occupe, de même que pour les myogrammes de lambeaux ventriculaires, l'indice de la contracture que l'on remarque sur la ligne de descente ne persiste pas : quand les conditions de nutrition sont devenues insuffisantes, l'ensemble de la courbe est remplacé par un tracé simple de secousse musculaire (¹).

Pour étudier l'activité électrophysiologique de ces lambeaux auriculaires, je me suis servi du galvanomètre à corde d'Einthoven, en suivant la technique (fig. 3) que j'avais déjà utilisée

---

(¹) Voir Henri Fredericq, La simplification des myogrammes mécaniques et électriques du ventricule par alimentation défectueuse du cœur. (*Arch. int. physiol.*, 1911-1912, XI, 243-252, 4 fig.)

pour l'étude de l'électrocardiogramme des lambeaux ventriculaires (¹), avec cette différence qu'ici il s'agit de contractions spontanées, tandis que pour le ventricule, dont l'automatisme est beaucoup moins durable, les contractions étaient provoquées par des chocs d'induction espacés.

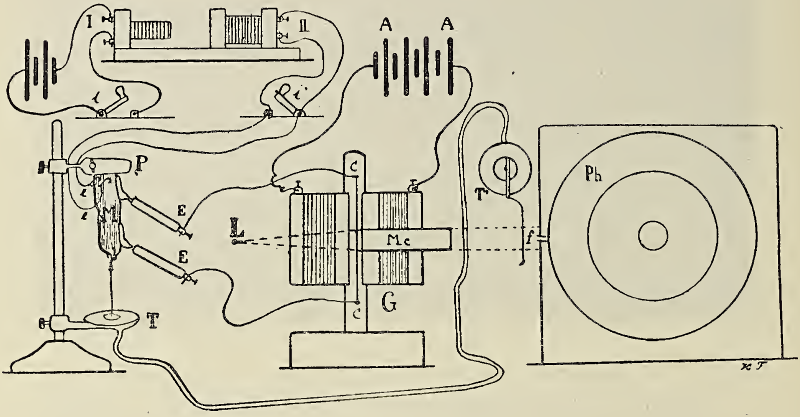


Fig. 3. — Schéma du dispositif expérimental pour l'étude de l'électrogramme de lambeaux isolés du cœur du chien.

I, II. Circuits primaire et secondaire du chariot de Du Bois-Reymond.
ee. Électrodes excitatrices.
i. Clef interruptrice du circuit I.
i'. Clef interruptrice du circuit II.
(Seulement dans le cas de secousse provoquée.)
AA. Accumulateurs.
EE. Électrodes impolarisables d'Arsonval, munies d'une mèche de coton imbibée de NaCl à 9 °/₀₀.
f. Fente de la chambre noire.
G. Galvanomètre à corde d'Einthoven.
(*cc*, corde; Mc, microscope.)
L. Source lumineuse (arc électrique).
M. Préparation musculaire dont on étudie l'électrogramme, maintenue par la pince *P*.
Ph. Cylindre de l'enregistreur de Blix portant une bande de papier photographique contenu dans une chambre noire.
T et *T'* Tambours de Marey conjugués.

(¹) *Loc. cit.*

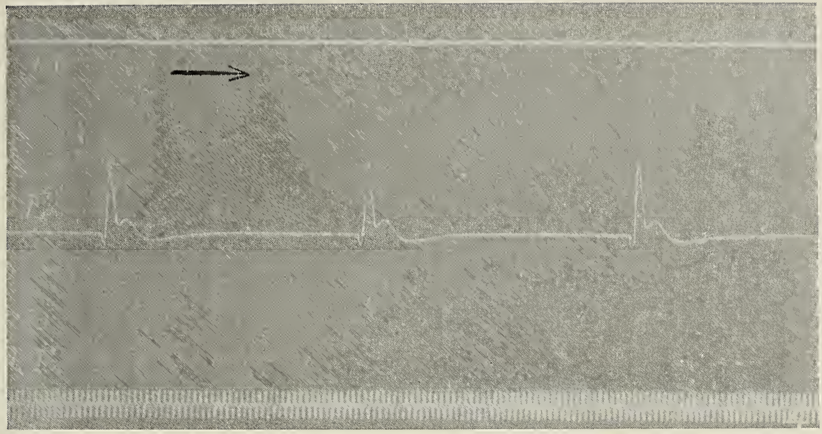


FIG. 4. — *Expérience du 14 novembre 1911.* Chien de 24 kilogrammes, anesthésié par la morphine et le chloroforme. Électrogramme de la contraction spontanée d'un lambeau de l'oreillette droite.

T. Temps en quinzièmes de seconde.
E. Électrogramme.
M. Tracé myographique mécanique.

Les contractions, à peine perceptibles à la vue, ne se marquent même pas sur le graphique.

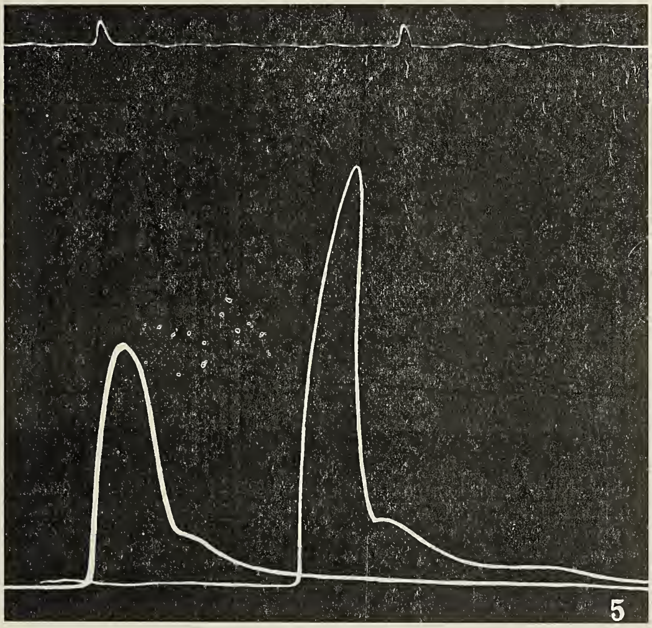


FIG. 5. — *Expérience du 16 novembre 1911.* Chien de 25 kilogrammes, anesthésié par la morphine et le chloroforme. Tracé de la contraction de l'auricule droite isolée, recueilli au moyen du myographe simple, montrant sur la ligne de descente l'indice d'une contracture musculaire. Les contractions sont provoquées par des chocs d'induction isolés. Temps en secondes.

La figure 4 nous montre l'électrocardiogramme d'un de ces lambeaux auriculaires battant spontanément. Ici encore, comme pour les tracés mécaniques, nous n'observons aucune ressemblance avec des tracés électrophysiologiques de secousse musculaire simple, pas plus d'ailleurs qu'avec des tracés de tétanos.

Nous nous trouvons en présence de trois ondulations au moins qui diffèrent entre elles en amplitude et en durée. J'ai montré, lorsque je me suis occupé de la nature de la systole ventriculaire, que rien ne s'oppose à ce que nous considérions un tracé de ce genre comme traduisant l'activité électrophysiologique d'une contracture musculaire, analogue à la contracture vératrinique des muscles du squelette.

Ces électrocardiogrammes, tout comme ceux du ventricule, sont susceptibles de *se simplifier*, c'est-à-dire de devenir diphasiques ou monophasiques sous l'influence d'une nutrition défectueuse. Ils sont alors semblables aux électrocardiogrammes des muscles du squelette, dont la contraction est provoquée par une excitation brève, unique.

En même temps que j'étudiais les tracés mécaniques et électriques de l'activité *spontanée* de lambeaux isolés de l'oreillette droite, j'ai entrepris des expériences analogues sur d'autres parties des oreillettes — principalement l'auricule — mais dont les contractions étaient cette fois *provoquées* par des chocs d'induction très espacés. Les résultats ont été identiques à ceux que j'ai obtenus pour des lambeaux de l'oreillette droite se contractant spontanément : au point de vue mécanique, tracés myographiques présentant, pendant leur phase d'énergie décroissante, l'indice d'une contracture musculaire (fig. 5) ; au point de vue électrophysiologique, électrocardiogrammes polyphasiques dont l'allure compliquée indique que la systole auriculaire présente les caractères d'une contracture musculaire (fig. 6).

J'ai tenu, au cours de ce travail, à enregistrer également l'électrocardiogramme de l'oreillette *in situ*. Voici comment je procédais :

Un chien d'assez forte taille, anesthésié par la morphine (en injection sous-cutanée) et le chloroforme (en inhalation) est couché dans le décubitus dorsal sur la gouttière d'opération. Respiration artificielle par insufflation d'air chauffé. L'ouverture du thorax se fait par enlèvement du plastron sternal. On résèque les côtes à la cisaille, on divise les parties molles des espaces intercostaux au thermocautère. Cette méthode a l'avantage de permettre un accès facile et direct vers l'oreillette droite. Le péricarde est fendu dans toute sa longueur et les lèvres de la fente sont fixées par des pinces de Péan ou des sutures aux bords de la large ouverture thoracique. Le cœur est ainsi bien mis en évidence, et les poumons, maintenus dans la profondeur, ne peuvent, lors de chaque insufflation, venir gêner l'expérimentateur. On applique les deux électrodes impolarisables de d'Arsonval, reliées au galvanomètre à corde, à la surface de l'oreillette. L'une d'elles est placée vers l'embouchure de la veine cave supérieure, l'autre vers l'embouchure de la veine cave inférieure dans l'oreillette. L'électrocardiogramme recueilli dans ces conditions, comme ceux des lambeaux isolés de l'oreillette, n'a aucune ressemblance avec un électrogramme de secousse musculaire simple. Il est nettement polyphasique (fig. 7).

J'ai tenté à différentes reprises de recueillir des myogrammes mécaniques de la contraction auriculaire par le procédé de la pince myographique de Léon Fredericq, qui sert à explorer la contraction musculaire d'une aire limitée du ventricule. C'est la seule méthode qui permette d'enregistrer des tracés où l'on ne doive tenir compte que des manifestations contractiles du muscle cardiaque lui-même, à l'exclusion des réactions hydrauliques, des déplacements du cœur et des variations de pression hydrostatique qui influencent toujours dans une certaine mesure, en les rendant inutilisables dans la question qui nous occupe, les graphiques recueillis par d'autres procédés, par exemple celui de la sonde intracardiaque ou celui des capsules à air, dont un fil, attaché à la paroi du cœur, déprime la membrane élastique. La méthode de la pince myographique est malheureusement, en pratique, inapplicable à l'oreillette. La paroi cardiaque est en

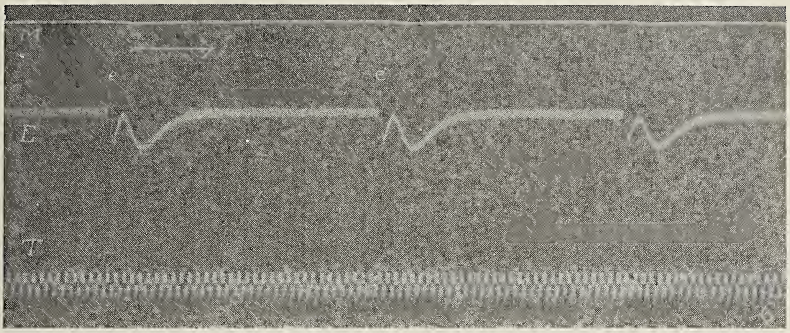


FIG. 6. — *Expérience du 23 janvier 1912.* Chienne de 18 kilogrammes, anesthésiée par la morphine et le chloroforme. Électrogramme de l'auricule droite isolée. Les contractions sont provoquées par des chocs d'induction isolés.

T. Temps en quinzièmes de seconde.
E. Électrogramme; *e*, moment de l'excitation.
M. Tracé myographique mécanique.

Les contractions, à peine perceptibles à la vue, ne se marquent même pas sur le graphique.

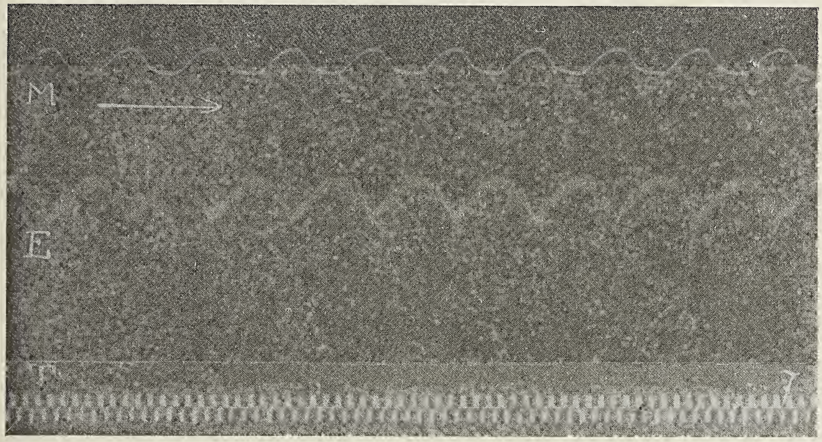


FIG 7. — *Expérience du 28 février 1912.* Chien de 9 kilogrammes, anesthésié par la morphine et le chloroforme. Électrocardiogramme de l'oreillette droite *in situ*, battant spontanément. Électrodes réceptrices placées respectivement sur le corps de l'auricule droite et sur le lieu d'abouchement de la veine cave inférieure. Respiration artificielle interrompue pendant l'enregistrement.

T. Temps en quinzièmes de seconde.
E. Électrocardiogramme.
M. Tracé cardiographique mécanique enregistré par les contractions du ventricule droit (cardiogramme négatif).

cet endroit beaucoup trop mince pour que son épaississement systolique se traduise nettement sur un graphique. L'aire comprimée par les deux mors de la pince ne se contracte que peu ou pas du tout, et, de plus, il n'est pas possible d'éliminer complètement l'influence perturbatrice du ventricule dont la paroi vient frapper constamment les branches de la pince, ou bien dont l'énergique systole, en déplaçant la totalité de l'oreillette, trouble l'enregistrement correct des tracés. Je me vois donc forcé de renoncer à produire des tracés enregistrés dans ces conditions.

La confirmation qu'ils apporteraient à ma thèse n'est d'ailleurs pas indispensable.

Ce n'est plus le moment d'exposer longuement les autres arguments qui doivent nous faire adopter l'opinion que *la systole de l'oreillette est assimilable à une véritable contracture musculaire.* Je les ai énumérés lorsque je me suis occupé de la nature de la systole du ventricule. Ils conservent toute leur valeur lorsqu'on les utilise dans la discussion de la nature de la contraction auriculaire.

Il semble à première vue que l'on puisse faire à mon argumentation une objection extrêmement sérieuse. Une des principales raisons pour lesquelles je pense que l'on doit assimiler la systole de l'oreillette (comme la systole du ventricule) à une contracture musculaire analogue à la contracture vératrinique, réside dans l'allure compliquée, polyphasique, de l'électrocardiogramme. Cette allure polyphasique de la variation électrique me semble être, comme le plateau systolique, une manifestation *spécifique* de la forme particulière de la contraction du myocarde, aussi bien du myocarde de l'oreillette que de celui du ventricule.

Or, si les physiologistes admettent généralement que la partie de l'électrocardiogramme qui correspond à la systole ventriculaire présente une allure polyphasique, ils sont habituellement d'accord aussi pour n'attribuer à l'activité de l'oreillette que l'ondulation P de Einthoven (ou A de Kraus et Nicolai), qui est une ondulation simple à sommet unique.

Comment alors concilier cette opinion quasi universelle avec les électrocardiogrammes polyphasiques que je publie aujourd'hui ?

Qu'il me soit permis tout d'abord de faire remarquer que si les auteurs sont d'accord pour admettre que la systole auriculaire se manifeste électriquement, uniquement par l'ondulation P, les tracés qu'ils publient ne confirment pas toujours leur manière de voir. Parmi les tracés qui ont été publiés, il y en a un très grand nombre dans lesquels l'ondulation P n'est pas unique, mais subdivisée en ondulations plus ou moins nombreuses. Les auteurs des travaux qui accompagnent ces tracés ou bien signalent cette allure polyphasique de P sans l'expliquer, ou bien tentent d'en donner une explication qui, à mon avis, n'est pas toujours heureuse, ou bien encore ne semblent pas s'être aperçus que leur ondulation auriculaire P était subdivisée en ondulations secondaires et ne présentait pas l'aspect théorique d'un crochet unique.

Il m'est naturellement impossible d'analyser tous les cas de multiplicité des ondulations auriculaires de l'électrocardiogramme qui ont été publiés. Je me contenterai d'en rapporter quelques exemples empruntés à des auteurs dont les travaux font autorité en la matière.

W. Einthoven, dans une de ses premières communications relatives à l'électrocardiogramme recueilli au moyen de sa méthode du galvanomètre à corde (¹), fait remarquer (*loc. cit.*, p. 138, fig. 10) que, dans un électrocardiogramme pris dans des conditions absolument normales, « le sommet (P) des oreillettes présente un plateau où l'on remarque une petite dépression ». Il s'agit là de l'électrocardiogramme d'un individu parfaitement sain et non pas d'un tracé pathologique dans le genre de ceux qu'il publie dans les figures 16 à 32 du même travail. Einthoven

---

(¹) W. Einthoven, Le télécardiogramme. (*Arch. int. physiol.*, 1906-1907, IV, 132-164, 34 fig., 1 pl.)

ne donne aucune explication de cette forme spéciale de l'ondulation P (¹).

Dans un travail récent, H. E. Hering (²) publie de nombreux électrocardiogrammes de chien ou de lapin dont l'ondulation P est polyphasique, c'est-à-dire présente plusieurs sommets positifs et négatifs.

Cette particularité de P n'a pas échappé à l'auteur et il en cherche une explication dans un défaut de synchronisme de la contraction des deux oreillettes. Je me permets de faire observer que Hering établit cette opinion en raisonnant uniquement par exclusion, et surtout qu'il part de ce principe non démontré que la systole de chacune des deux oreillettes est une secousse musculaire simple et que son expression électrique doit être une ondulation tout au plus diphasique de l'électrocardiogramme. Outre que cette manière de voir est en contradiction formelle avec les résultats expérimentaux que je publie aujourd'hui, il faut remarquer que Hering n'analyse les ondulations P à sommets multiples que lorsque le nombre de ces sommets positifs est réduit à deux (ce qui s'accorde en apparence avec l'explication qu'il donne de ce dédoublement de P). Il ne considère que ce qu'il appelle *Spaltung bezw. Verdoppelung* (page 14 du tirage à part) de l'ondulation P. Or certains de ses graphiques (voyez surtout les figures 23 et 24) nous montrent un groupe d'ondulations comprises sous la même et unique dénomination P, dans lequel nous pouvons nettement distinguer au moins trois sommets positifs.

Kraus et Nicolai (³) admettent, sans l'expliquer, que l'équi-

---

(¹) Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler ici que Einthoven lui-même a, dans ses premiers travaux sur la signification de l'électrocardiogramme, soutenu l'opinion que l'ondulation *Q* (*Ja* de Kraus et Nicolai) fait partie au même titre que *P* des manifestations électriques de la systole auriculaire (Kraus et Nicolai).

(²) H. E. Hering, Experimentelle Studien an Säugethieren über das Elektrocardiogramm. (*Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Ther.*, 1909, VII, 16 pp., 5 pl.)

(³) F. Kraus und G. Nicolai, Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen (Leipzig, Veit und C°, 1910, pp. 148 et suiv.)

valent électrique de la systole auriculaire chez l'homme sain peut se composer aussi bien d'un seul que de plusieurs crochets de la courbe électrocardiographique.

Enfin Th. Lewis (¹) et d'autres décrivent des dédoublements de l'ondulation P, notamment dans certains vices valvulaires du cœur, tels que la sténose mitrale.

Il résulte de l'examen des travaux de ces auteurs que la forme monophasique de l'ondulation auriculaire dans l'électrocardiogramme n'a rien d'immuable et que dans bien des cas il y a non pas *une* ondulation auriculaire, mais plusieurs, tout comme dans les tracés que j'ai pu recueillir au cours de mes expériences.

A quelle cause alors attribuerons-nous le fait que dans la plupart des observations qui ont été publiées jusqu'à ce jour, et dans les tracés considérés comme classiques, la partie de l'électrocardiogramme qui correspond à la systole de l'oreillette soit figurée comme une ondulation unique (P) monophasique et positive ?

Il me paraît plausible d'admettre que le mode de dérivation des courants d'action du cœur n'est pas étranger à la « disparition » d'une partie des ondulations auriculaires. La plupart des physiologistes, suivant en cela l'exemple des cliniciens, ont adopté, même pour leurs expériences sur des animaux, la méthode qui consiste à dériver ces courants d'action à partir de la surface du corps. Il me semble infiniment plus rationnel d'appliquer les électrodes réceptrices directement à la surface du cœur chaque fois que cela est possible, c'est-à-dire dans presque toutes les expériences de vivisection. Tous les auteurs sont d'accord pour reconnaître que la dérivation à partir de la surface du corps présente de nombreux inconvénients.

En général cette dérivation se fait à partir des extrémités des

---

(¹) Thomas Lewis, Chapitre : « Électrocardiogramme » dans James Mackensie, Les maladies du cœur; traduction Françon. Paris, Alcan, 1911, p. 496.

membres (par exemple pied gauche et main droite, ou main gauche et main droite, etc.). Si l'on songe à l'énorme masse de tissus et d'organes en activité (les muscles vivants ne peuvent jamais être considérés comme strictement en équilibre de potentiel dans toutes leurs parties) que les courants d'action du cœur doivent traverser avant d'atteindre les électrodes réceptrices, on ne s'étonnera pas que l'électrocardiogramme puisse être altéré profondément dans sa forme. Certains détails manqueront, qui se seraient manifestés si la dérivation s'était faite directement à partir de la surface du cœur ; d'autre part, un électrocardiogramme recueilli de cette façon pourra nous montrer des oscillations insolites de la courbe.

De sorte qu'on ne peut pas dire que l'électrocardiogramme dérivé par les méthodes habituelles traduise *toute* l'activité électrique du myocarde et non plus qu'il traduise *uniquement* cette activité.

Quelques exemples, choisis dans la littérature spéciale du sujet qui nous occupe, démontreront le bien fondé de cette proposition.

W. A. Jolly et W. T. Ritchie (1) ont fait remarquer (*loc. cit.*, p. 181) que dans certains électrocardiogrammes qu'ils ont recueillis par les méthodes ordinaires de dérivation, se sont marquées des inflexions rapides et plus ou moins amples de la corde du galvanomètre, se produisant sans rythme régulier, et attribuables à des changements électriques survenant dans le corps humain, notamment à des courants d'action des muscles volontaires. L'irrégularité de ces oscillations serait due aux effets combinés de plusieurs groupes de muscles, par superposition et interférence de leurs courants d'action.

C'est un fait parfaitement connu que la forme de l'électrocardiogramme varie suivant les endroits de la surface du corps qui servent à faire la dérivation (¹), ou la position de l'axe du cœur par rapport aux points de dérivation (²), ou même d'un moment à l'autre au cours d'une même expérience physiologique (³).

---

(1) W. A. Jolly and W. T Ritchie, Auricular flutter and fibrillation. (*Heart*, 1911, II, 177-221, 34 fig.)

Enfin, Kraus et Nicolai (⁴) ont obtenu chez le chien (avec dérivation directe sur le cœur) des ondulations P (qu'ils appellent A) plus compliquées que chez l'homme. Ils signalent ce fait que chez l'homme (avec dérivation à la surface du corps) la seconde partie d'une ondulation P diphasique peut disparaître parce qu'elle est moins haute que la première, et enfin que l'ondulation P peut se marquer très faiblement jusqu'à n'être plus qu'à peine perceptible; sa disparition ne serait pas une preuve suffisante pour affirmer l'absence de contraction auriculaire.

Il résulte de tout ce qui vient d'être dit que la seule méthode de dérivation qui nous permette d'étudier avec quelques chances de succès les variations électriques du cœur consiste à appliquer les électrodes réceptrices à la surface même de l'organe. Nous nous heurtons ici encore à deux inconvénients : d'abord nous ne pouvons dériver qu'à partir d'aires limitées de la surface péricardiaque, et les courbes électrographiques que nous obtiendrons ne traduiront que les variations réciproques du potentiel de ces deux aires pendant la révolution du cœur; et ensuite dans la paroi cardiaque elle-même il y a des fibres allongées suivant plusieurs directions. Les courants d'action des fibres (qui se contractent plus ou moins simultanément) peuvent se contrarier et interférer les uns avec les autres, d'où altéra-

---

(¹) « It should be known that the type of electric curve which is obtained from the heart depends upon the lead chosen, and that no two leads give precisely the same picture. » Th. Lewis, The mechanism of the heart beat. London, Shaw and sons, 1911, p. 21.

(²) Grau, Ueber den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. (*Zeitschr. f. klin. Med.*, LXIX, 281.)

(³) H. E. Hering, *loc. cit.* Voir figures.

(⁴) *Loc. cit.*

tion de l'électrocardiogramme. La méthode que j'ai surtout utilisée, et qui consiste à découper dans le cœur des lambeaux étroits dont on étudie la contraction spontanée ou provoquée, réduit cet inconvénient au minimum.

Ces lambeaux comprennent surtout des fibres longitudinales, et l'action perturbatrice des fibres circulaires et obliques se trouve, par le fait même, très amoindrie.

Résumé.

1. Il n'y a pas de raison physiologique ni anatomique pour assimiler la systole de l'oreillette et la systole du ventricule à des modes différents de la contraction des muscles volontaires.

L'une et l'autre présentent les caractères d'une *contracture musculaire* (se rapprochant de la contracture des muscles du squelette dans l'empoisonnement par la vératrine); tracé mécanique avec relâchement tardif; électrocardiogramme complexe; l'une et l'autre se produisent artificiellement par une excitation unique et brève (choc d'induction isolé).

2. Tous les autres arguments applicables à la discussion de la forme de la systole ventriculaire gardent leur valeur quand il s'agit de l'oreillette.

3. Le fait que la plupart des auteurs considèrent le tracé normal de l'oreillette comme un tracé de secousse musculaire simple résulte des méthodes de dérivation qu'ils ont employées.

4. La méthode la plus sûre d'étudier les propriétés électrophysiologiques du myocarde est de s'adresser à des lambeaux musculaires isolés de la paroi du cœur et d'appliquer les électrodes réceptrices directement à la surface de la préparation.

(Institut de physiologie de Liége.)

Électricité. — **Contribution expérimentale à l'étude de l'influence des diélectriques sur la décharge disruptive.**

Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition de sphères de verre entre les électrodes,

par Fernand MOREAU, docteur en sciences physiques et mathématiques.

INTRODUCTION.

La différence de potentiel V nécessaire pour produire une décharge disruptive dépend, comme on le sait, de la forme et de la distance des électrodes, de la nature et de l'état du milieu interposé. De nombreux physiciens se sont livrés aux recherches les plus minutieuses sur les potentiels de décharge dans les gaz. Ils ont été conduits, après de nombreuses observations, à l'énoncé de quelques lois simples (*).

Mais l'influence d'un diélectrique solide n'a été que peu étudiée. Notons cependant quelques travaux sur la décharge glissante (**) et l'influence du voisinage d'un diélectrique solide (***). Nous nous proposions d'étudier l'influence exercée par des sphères diélectriques interposées entre les électrodes. Les difficultés d'obtenir des sphères de paraffine, d'ébonite, nous ont obligé à n'expérimenter qu'avec le verre.

(*) J. J. Thomson, *Conduction of electricity through gases.* — J. Stark, *Die Electricität in Gasen.* — Paschen, *Ann. der Physik und Chemie*, 1889, XXXVII, p. 37.

(**) Max Toepler, Ueber gleitende Entladung. (*Physik. Zeitschr.*, 1907, 8. Jahrgang, p. 743.) — R. Cluckers, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1909, p. 1008.

(***) S. Lussana et P. Carnazzi, *Beiblätter*, 1903, t. XXVII, n° 3, p. 282. — G. Lambrechts, *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 1909, t. II.

Ces sphères de verre peuvent influencer le potentiel de décharge de plusieurs manières :

1° En modifiant la forme des lignes de force;

2° En contrariant le mouvement des ions.

Les expériences et les considérations qui suivent ont pour but d'étudier la part d'influence qu'il convient d'attribuer à chacun de ces facteurs.

Nous chercherons également à répondre aux questions suivantes :

1. Le diamètre des sphères de verre influe-t-il sur le potentiel de décharge?
2. Quelle est l'influence de la nature du gaz?
3. Que se passe-t-il à des pressions réduites?
4. La loi de Paschen est-elle vérifiée?
5. D'autre part, le potentiel explosif sera-t-il différent suivant que l'étincelle résulte d'une variation lente du potentiel ou qu'elle correspond à un potentiel rapidement variable? En d'autres termes, les potentiels de décharge seront-ils les mêmes lorsqu'on fait usage de la machine électrostatique ou de la bobine d'induction? C'est pour répondre à cette question que nous répéterons, en électricité dynamique, les expériences faites en électricité statique.

Nous tâcherons d'interpréter les résultats de nos expériences et de voir si nos conclusions sont conformes à celles qu'exigerait la théorie de l'ionisation.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

I. — **Dispositif expérimental.**

Le dispositif expérimental employé est représenté schématiquement par la figure 1.

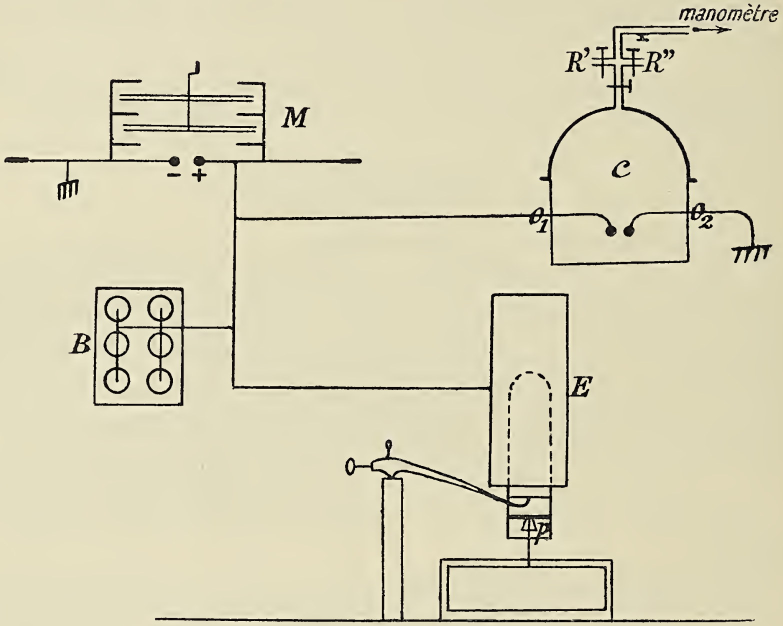


Fig. 1.

M. Machine statique.
B. Batterie.
C. Cloche à vide.
E. Électromètre.

Il comprenait :

1. Une *machine de Wimshurst* à quatre plateaux M. Un des pôles était relié à une batterie de six jarres afin de régulariser le potentiel et d'augmenter la longueur des étincelles.

2. Un *micromètre.* A la pression atmosphérique, nous

avons fait usage du micromètre du professeur Edelmann. Les électrodes de ce micromètre sont des sphères en laiton de 1 centimètre de diamètre. Leur contact, c'est-à-dire le zéro du micromètre, se détermine par l'apparition de l'étincelle.

Pour opérer à des pressions inférieures et dans les gaz, nous avons employé une cloche à vide C, dont la figure 1 représente la coupe verticale. Ce récipient, de 30 centimètres de diamètre et de 35 centimètres de hauteur, se compose de deux parties, l'une cylindrique, l'autre hémisphérique. Ces deux parties étaient appliquées l'une sur l'autre suivant des surfaces rodées, enduites d'une graisse qui permet une fermeture hermétique (*). A l'aide des robinets R' et R'', on faisait communiquer la cloche C soit avec la trompe à faire le vide, soit avec l'appareil producteur de gaz. Dans deux ouvertures diamétralement opposées O_1 et O_2 étaient fixés deux tubes en verre. Ceux-ci contenaient un fil métallique entouré de paraffine et portaient à leurs extrémités deux électrodes semblables à celles du micromètre Edelmann.

La distance des électrodes était alors évaluée à l'aide de plaques de verre dont l'épaisseur se déterminait au moyen du palmer.

3. Un *électromètre*. L'interposition de sphères de verre entre les électrodes nous obligeait à expérimenter à des distances explosives assez grandes. Notre électromètre devait donc nous permettre la mesure de potentiels très élevés. Nous nous sommes servi de l'appareil construit par MM. Bichat et Blondlot (**). Cet électromètre consiste en deux cylindres en laiton coaxés : l'un fixe, de rayon R, et relié au pôle positif de la machine; l'autre mobile, de rayon r, en communication avec la terre, suspendu par le fléau d'une balance et muni d'un plateau p. La réflexion d'une règle éclairée sur un petit miroir fixé sur le

---

(*) Cette graisse était obtenue par la fusion d'un mélange de paraffine et de cire d'abeille.

(**) BICHAT et BLONDLOT, *Journal de physique*, 1887, 2e sér., pp. 325 et 457.

fléau permet d'observer le moindre déplacement du cylindre mobile.

L'action électrostatique peut être compensée par P grammes posés sur le plateau p de la balance et on démontre facilement que

$$Pg = \frac{V^2}{4 \log \frac{R}{r}},$$

d'où

$$V = \sqrt{4Pg \log \frac{R}{r}}.$$

Dans l'appareil employé, $R = 6^{cc}14$ et $r = 2^{cc}50$, et notre formule devient

$$V = 59.38 \sqrt{P}.$$

Pour mesurer un potentiel disruptif, on placera sur le plateau p un poids assez faible pour ne pas équilibrer l'action électrostatique du cylindre fixe. Le cylindre mobile sera donc soulevé avant la production de l'étincelle au micromètre d'expérience. On pourrait augmenter graduellement le poids P jusqu'à ce que l'étincelle éclate au moment précis où le cylindre mobile s'élève ; V s'obtiendrait alors par la substitution de la valeur de P dans la formule

$$V = 59.38 \sqrt{P}.$$

Mais cette manière de procéder exige trop de tâtonnements. Nous avons préféré la méthode qui consiste à lire à l'aide du petit miroir le déplacement du cylindre mobile quand le plateau p supportait un poids trop faible P'. L'appareil était gradué en déterminant le poids correspondant à une division (à 15 divisions correspondaient 20 milligrammes) ; on pouvait donc calculer le poids P'' correspondant à la déviation observée et

$$V = 59.38 \sqrt{P' + P''}.$$

Remarques. — 1. A cause de la vitesse acquise, le cylindre mobile dépasse la position qu'il devrait occuper, si l'on ne prend pas la précaution d'élever lentement le potentiel par une rotation lente et régulière à la machine M.

2. Quand on recommence la mesure d'un potentiel, il convient d'espacer ses lectures d'environ deux minutes. Sans cela, la conductivité communiquée au gaz par les décharges antérieures ferait varier le potentiel de décharge d'une manière irrégulière et capricieuse.

3. Afin d'éviter à chaque mesure de V l'extraction d'une racine carrée et une longue multiplication, nous avons construit un graphique permettant de connaître immédiatement V connaissant le poids P correspondant.

Pour éviter les influences, nous avons placé les appareils à de grandes distances les uns des autres.

Pour éviter les effluves le long des fils, nous avons entouré ceux-ci d'une gaine de paraffine.

II. — **Expériences et résultats.**

1° *Préliminaires.* — Avant d'interposer tout diélectrique solide, nous avons mesuré les potentiels disruptifs dans l'air à la pression atmosphérique. Ces mesures préliminaires ont été faites afin de nous assurer que notre dispositif et notre manière d'opérer nous donnaient des résultats concordant avec ceux des physiciens qui se sont occupés de la question.

Inscrivons les distances *d* des électrodes dans la première colonne, les potentiels V que nous avons trouvés dans la seconde, et les résultats des expériences de MM. Bichat et Blondlot et Thomson dans les suivantes. Nous formons ainsi le tableau I.

Tableau I.

d en cm.	V en U. E. S.	Bichat.	Thomson.
0.1	15.1	16.1	15.25
0.2	27.8	27.5	26.78
0.3	37.4	38.2	37.32
0.4	47.5	47.7	47.62
0.5	56.0	56.3	54.66
0.7	74.0	71.6	72.28
0.8	79.5	77.0	77.62
0.9	84.9	81.6	80.13
1.0	85.5	84.7	83.05
1.3	96.7	93.8	
1.5	98.6	97.8	
1.8	102.5	101.8	
2.0	104.0	105.5	
2.5	117.0		
3.0	126.5		

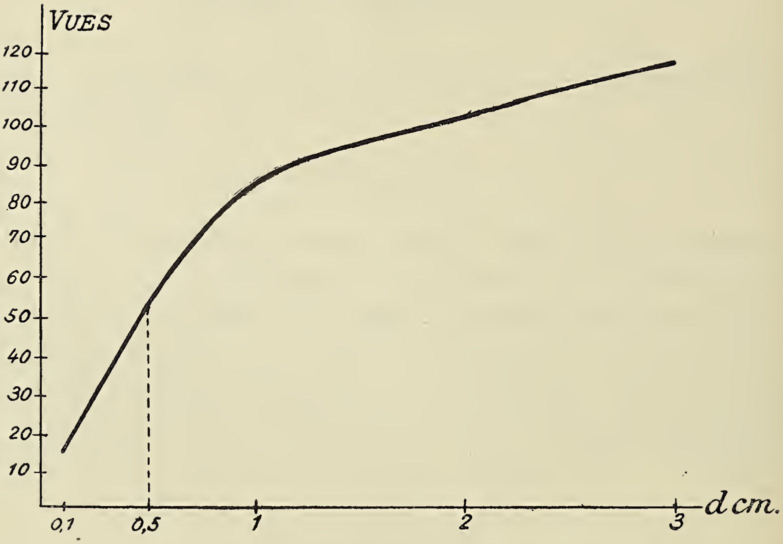


Fig. 2.

Pour la partie commune aux expériences de MM. Bichat, Thomson et les nôtres, les nombres présentent toutes les concordances que l'on peut attendre des mesures de cette nature.

Nos résultats sont des moyennes d'expériences, mais l'écart entre deux mesures du même potentiel n'a jamais dépassé 3 °/₀.

Représentons graphiquement les résultats du tableau précédent :

La figure 3 montre qu'avec des électrodes sphériques de $0^{cm}5$ de rayon et pour des valeurs de d supérieures à 5 millimètres, la variation du potentiel cesse d'être linéaire. En d'autres termes, si nous considérons V comme un polynôme en d, la formule d'interpolation de Lagrange nous donne pour V un polynôme dont les termes en d^2 et en d^3 ne sont plus négligeables pour $d > 5$ millimètres et la formule $a + bd$ ne serait plus exacte.

L'examen de la figure 3 donne immédiatement l'explication de cette anomalie.

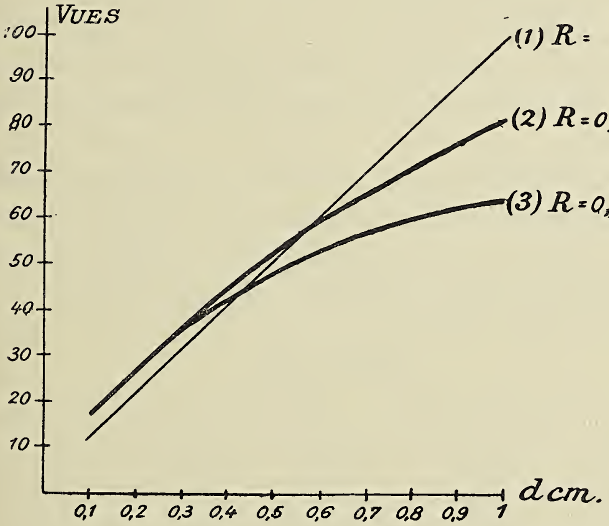


Fig. 3.

La droite (1) représente la variation du potentiel de décharge entre des électrodes planes; les courbes (2) et (3) sont relatives aux électrodes sphériques de $0^{cm}5$ et $0^{cm}25$ de rayon. Il résulte de ce diagramme que l'uniformité du champ rend linéaire la variation du potentiel de décharge. On en conclut que pour les électrodes de notre micromètre, le champ cesse d'être uniforme pour $d > 5$ millimètres. Et la formule connue $V = a + bd$ n'est exacte que lorsqu'on a affaire à un champ uniforme.

2° *Expériences.* — Nos expériences ont été faites sur des sphères de 1.5, 2.5 et 8 millimètres de diamètre. Quelques mesures préliminaires nous ont montré que lorsqu'on employait une assez grande quantité de diélectrique, l'influence du vase qui le contenait était négligeable. Afin d'éviter la conductibilité superficielle, qui pouvait provenir des poussières, les sphères de verre étaient lavées à l'alcool.

A. — Expériences dans la pression atmosphérique. — Les potentiels qui suivent correspondent à une pression de 760 millimètres et une température de 18°. Nous avons fait, le cas échéant, les réductions nécessaires par la règle d'Heydweiler (*) : « On augmente le potentiel disruptif de 1 $^{\circ}/_{0}$ pour un accroissement de 8 millimètres de pression et une diminution de température de 3°. »

Formons le tableau II en inscrivant les distances explosives d dans une première colonne et dans les colonnes suivantes les potentiels que l'on obtient après avoir interposé des sphères de verre de 1.5, 2.5 et 8 millimètres de diamètre D.

Tableau II.

d en cm.	V. D = 1.5	V. D = 2	V. D = 5	V. D = 8
0.1	10.69	10.69	10.69	10.69
0.5	30.00	27.50	28.10	27.20
1.0	54.00	51.00	53.00	57.00
1.5	71.00	67.50	68.20	70.20
2.0	90.00	82.00	81.20	80.60

(*) Heydweiler, Entladungspotentiale. (*Ann. der Physik und Chemie,* 1893, t. XLVIII, p. 813.)

Ces résultats sont des moyennes de plusieurs expériences.

Traçons le diagramme (2) du tableau II et figurons-y également la courbe des potentiels de l'air.

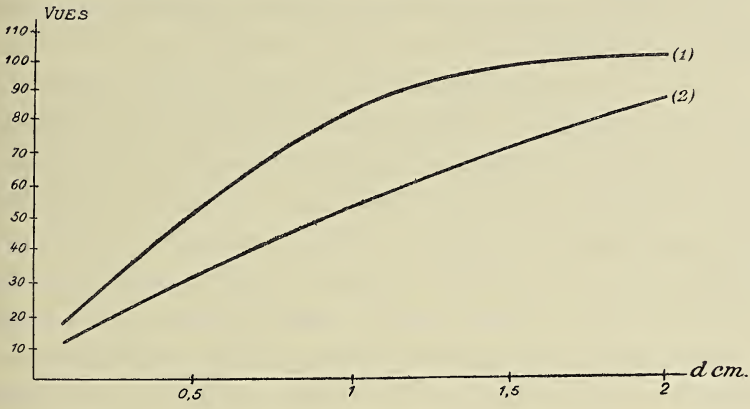


Fig. 4.

L'examen du tableau II et de la figure 4 conduit aux conclusions suivantes :

1° L'interposition de sphères de verre entre les électrodes a toujours pour effet de diminuer le potentiel de décharge ;

2° En général, aux sphères de plus petit diamètre correspondent les potentiels les plus élevés. Mais cette influence du diamètre (D) n'est pas très sensible pour des valeurs de D comprises entre 1^{mm}5 et 8 millimètres ;

3° L'allure de la courbe (2) montre que, par l'interposition de sphères de verre, V devient une fonction quasi linéaire de *d*.

Interprétation des résultats. — Rappelons tout d'abord la théorie de la décharge, d'après J. Thomson (*).

Thomson met à la base de sa théorie l'hypothèse suivante : *Tout ion doué d'une vitesse suffisante peut, en choquant une molécule gazeuse, dédoubler celle-ci en ions.* Or l'expérience

---

(*) De Muynck, *Courant électrique dans les gaz*, p. 49.

montre qu'il existe toujours quelques ions libres, même dans un gaz à l'état normal. Placés entre les deux électrodes, ces ions se meuvent sous l'action du champ. Mais la vitesse acquise par un ion est proportionnelle 1° au champ dans lequel il se meut et 2° au chemin moyen de l'ion (chemin compris entre deux chocs moléculaires).

« Si le champ reste au-dessous d'une certaine valeur, ces vitesses ne seront pas suffisantes pour produire le dédoublement d'une molécule gazeuse. Les ions iront simplement se déposer sur les électrodes, donnant ainsi lieu à un courant trop faible pour être enregistré par les instruments ordinaires et qui, pratiquement, s'annulera bientôt avec la disparition des ions présents dans l'air. Mais pour une certaine valeur du champ, ces vitesses peuvent devenir assez grandes pour que l'ion, en choquant une molécule, la dédouble en ses deux ions. Ceux-ci, sous l'action du champ, prennent des vitesses rapidement croissantes, ionisent à leur tour de nouvelles molécules, et ainsi, au bout d'un temps très court, la densité des ions devient suffisante pour qu'une décharge se produise. »

Il résulte de cette théorie que l'interposition de sphères diélectriques ne peut modifier la valeur du potentiel explosif qu'en modifiant λ ou l'intensité du champ. Or, d'une part, λ, qui est égal à $0^{cm}000{,}009$ dans l'air atmosphérique, ne sera pas modifié d'une façon sensible; d'autre part, la théorie (*)

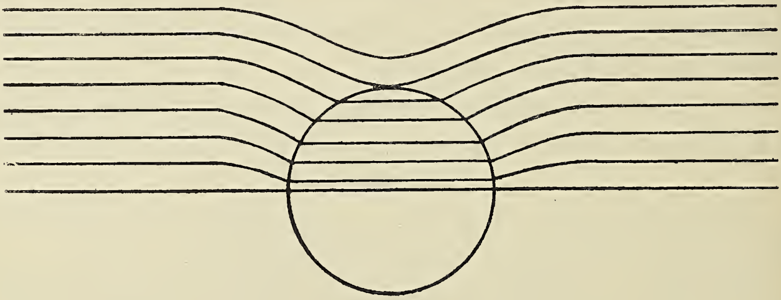


Fig. 5.

(*) Bouasse, *Cours de physique*, t. III, p. 114.

montre qu'une sphère diélectrique modifie un champ uniforme comme l'indique la figure 5.

C'est-à-dire que l'intensité du champ croît dans la région du voisinage de la ligne $0,0_2$ des centres des électrodes sphériques. On en conclut que la vitesse ionisante (donc la décharge) sera atteinte pour une différence de potentiel moindre, si des sphères de verre sont interposées entre les électrodes.

Quant à l'allure de la courbe (2), rappelons-nous, pour l'interpréter, que l'uniformité du champ a pour effet de rendre linéaire la variation du potentiel de décharge (p. 154). D'après cela, l'allure de la courbe (2) s'expliquerait en attribuant aux sphères diélectriques le rôle de substituer un grand nombre de petites distances explosives à une grande. Chacune de ces petites distances ayant un champ uniforme, le champ dans son ensemble serait plus uniforme. Et ce résultat ne pourrait s'interpréter par la théorie de l'ionisation.

B. — EXPÉRIENCES DANS L'AIR A PRESSION RÉDUITE. — A cause des grandes dimensions de notre cloche à vide, l'influence des parois était négligeable. Quelques expériences préliminaires nous ont donné, en effet, des potentiels explosifs sensiblement égaux, que les électrodes fussent à l'air libre ou dans la cloche.

Les résultats qui suivent sont relatifs à une distance explosive constante $d = 2$ centimètres, distance que nous avons jugée la meilleure pour le genre d'expériences.

Le tableau suivant, relatif à l'air, montre comment l'interposition des sphères de verre modifie les potentiels explosifs. La pression p est exprimée en centimètres de mercure, les potentiels V en unités électrostatiques et les diamètres D des sphères de verre en millimètres. Les nombres de la deuxième colonne sont les potentiels explosifs dans l'air; ceux des trois colonnes suivantes correspondent aux sphères 1.5, 5 et 8 millimètres de diamètre.

Tableau III.

Pression *p*.	V air.	V D = 1.5	V D = 5	V D =
—	—	—	—	—
76	104	91	82	88
66	93	80	73	70
56	81	70	66	64
46	68	62	58	55
36	56	55	48	45
26	41	45	37	35
16	27	34	27	25
6	12	18	15	12
2	5	11	8	7

Les résultats du tableau précédent sont représentés graphiquement par les courbes de la figure 6. Les potentiels explosifs ont été portés en ordonnées, les pressions en abscisse.

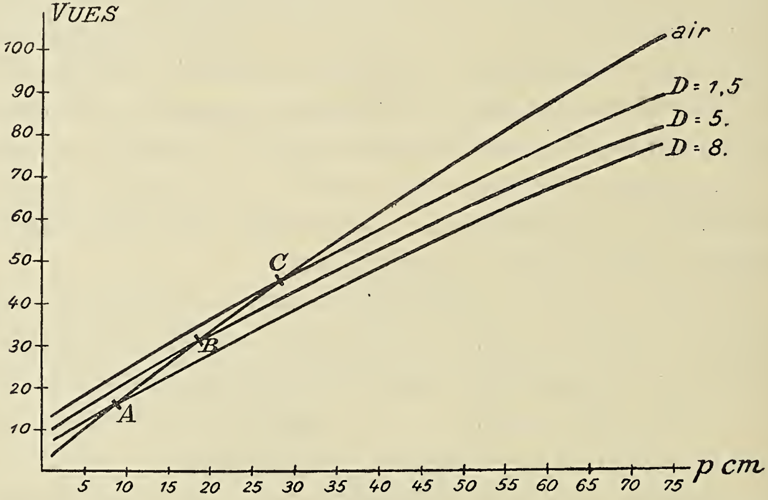


Fig. 6.

CONCLUSIONS. — RÉSULTATS.

1. V diminue avec *p*. Cette variation est approximativement linéaire pour l'air.

2. V est d'autant plus grand que D est petit.

3. La courbe relative à l'air coupe les trois autres, c'est-à-dire qu'aux faibles pressions l'interposition des sphères de verre a pour effet d'élever les potentiels de décharge, contrairemant à ce qui se passe à la pression atmosphérique.

Interprétation des résultats. — Ces résultats semblent conformes à la théorie de l'ionisation.

1. Si *p* diminue, λ augmente. Comme la vitesse acquise par un ion est proportionnelle à son chemin moyen λ, l'ionisation (donc la décharge) se fera plus facilement à faible pression.

2. Nous savons que V augmente quand λ diminue. Or les sphères diélectriques modifient la grandeur du chemin moyen, qui se trouve d'autant plus diminué que les espaces laissés libres entre les sphères sont petits. On en conclut que les potentiels augmentent quand le diamètre des perles diminue.

3. Remarquons que l'interposition des sphères de verre agit de deux façons :

a) En modifiant les lignes de force;

b) En contrariant le mouvement des ions (diminution de λ).

Mais cette modification des lignes de force est constante, quelle que soit la pression, et nous avons vu qu'elle a pour effet de *diminuer* le potentiel disruptif. Au contraire, le mouvement des ions est d'autant plus contrarié que la pression est faible (ou que λ est grand). Le chemin moyen se trouve donc plus diminué par l'action des sphères de verre aux basses pressions. Mais comme la diminution du chemin moyen a pour effet d'*élever* le potentiel de décharge, les circonstances (*a*) et (*b*) agissent en sens contraires. Le graphique précédent s'expliquerait, dès lors, en admettant qu'à la pression atmosphérique (*a*) influe plus que (*b*) et que l'action (*b*) devient prépondérante à des pressions réduites.

On peut se demander maintenant si la *loi de Paschen* est vérifiée lorsque les sphères de verre sont interposées entre les électrodes.

Rappelons la loi de Paschen (*) : « Le potentiel disruptif V ne dépend que du produit de la pression p par la distance explosive d, si le champ est uniforme et si l'on opère à des pressions supérieures à la pression critique $V = f(pd)$. »

Donc si l'on modifie p et d de façon que leur produit ne change pas, V restera constant. Les résultats suivants montrent que la loi est approximativement vérifiée dans l'air, avec nos électrodes de 1 centimètre de diamètre, lorsque les valeurs de d ne dépassent pas $0^{cm}5$.

Tableau IV.

p. cm.	*d.* cm.	*pd.*	V U.E.G.
—	—	—	—
75.1	0.12	90.2	16.4
16.3	0.55	90.2	16.0
40.0	0.22	90.2	15.4
23.7	0.38	90.2	16.0

Mais il importe de noter la discordance des résultats lorsque $d > 0^{cm}5$. On a, par exemple (voir le graphique précédent) :

Tableau V.

p. cm.	*d.* cm.	*pd.*	V U.E.G.
—	—	—	—
76.5	1.0	76.5	85.5
38.25	2.0	76.5	60.0
76 0	1.2	91.2	92.5
45.6	2.0	91.2	68.7

(*) THOMSON (Ouvrage cité), Paschens law, p. 367.

Et la loi de Paschen cesse d'être vérifiée parce que le champ n'est plus uniforme.

Mais nous avons vu précédemment que l'interposition des sphères de verre avait pour effet de substituer un grand nombre de petites distances explosives à une grande. Et chacune de ces petites distances ayant un champ uniforme, le champ de son ensemble est plus uniforme.

Dès lors il serait intéressant de voir si la loi de Paschen est vraie quand les sphères de verre sont interposées entre les électrodes. A l'aide des graphiques qui précèdent, on obtient les résultats du tableau suivant :

Tableau VI.

p. cm.	*d.* cm.	*pd.*	Vues air.	VD=1$^{\text{mm}}$5.	VD=5mm.	VD=8mm.
76	1.9	144	103	86	80	79
72	2.0		99	86	78	77
76	1.7	129	101	78	73	71
65	2.0		91	80	71	70
76	1.1	114	99	71	67	67
57	2.0		82	72	65	64
76	1.2	91	92	60	57	56
46	2.0		69	**62**	57	56
76	1.0	76	85	53	52	51
38	2.0		60	57	51	50
76	0.8	62	79	42	40	38
30	2.0		49	50	**42**	40
76	0.5	38	56	30	28	27
19	2.0		32	38	31	**29**
76	0,2	15	28	15	15	14
	2.0		17	21	19	16

A cause des erreurs d'expériences et d'interpolation, ces valeurs ne doivent être considérées que comme approximatives. Aussi considérons-nous la loi de Paschen comme vérifiée quand les potentiels correspondant au même produit *pd* ne diffèrent pas de plus de 5 °/₀. L'examen attentif du tableau précédent conduit aux conclusions suivantes :

1° Avec nos électrodes de 1 centimètre de diamètre et pour des valeurs de *d* comprises entre 1 et 20 millimètres, la loi de Paschen n'est jamais vérifiée dans l'air, comme l'indiquent les potentiels inscrits dans la quatrième colonne. Ce qui s'explique par la non-uniformité du champ pour $d > 5$ millimètres (p. 154).

2° Quand on interpose des sphères de verre, la loi de Paschen est vérifiée pour certaines valeurs de *p*. En substituant un grand nombre de petites distances explosives à une grande, les sphères diélectriques agissent en effet comme si elles rendaient le champ plus uniforme.

3° La loi de Paschen est vérifiée jusqu'à des pressions d'autant plus petites que le diamètre des sphères est plus grand.

D'après ce qui précède, ce résultat s'expliquerait en observant que le chemin moyen des ions se trouve plus diminué quand la pression est faible et le diamètre des sphères de verre petit.

C.— Expériences dans les gaz.— Nous avons opéré avec le gaz carbonique et l'hydrogène. Ces gaz ont été choisis à cause de leur grande différence de densité.

$$d_H = 0.069$$
$$d_{CO_2} = 1.529.$$

Toutes les précautions ont été prises pour obtenir un gaz pur sous la cloche.

Résultats. — Le tableau suivant contient les potentiels explosifs dans H et CO_2 aux diverses pressions, avec ou sans sphères de verre.

Les potentiels disruptifs dans l'air y figurent pour servir de comparaison.

Tableau VII.

p. cm.	V. air.	V. H.	$V_HD=1.5$	$V_HD=5$	$V_HD=8$	VCO_2	$VCO_2D=1.5$	$VCO_2D=5$	$VCO_2D=8$.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
76	104	91	77	74	71	99	112	120	122
66	93	79	67	65	63	85	101	106	110
56	81	68	62	57	57	73	91	91	92
46	68	59	61	45	44	63	76	77	79
38	56	47	42	36	35	53	63	60	60
26	41	36	31	27	28	40	46	43	41
16	27	22	25	19	17	27	31	28	29
6	12	9	13	10	8	13	15	14	14
2	5	2	9	7	6	7	10	9	8

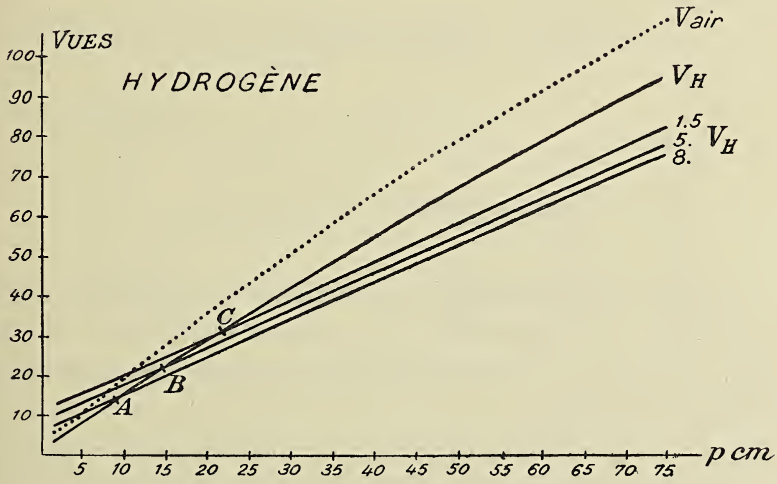


Fig. 7.

Ces résultats sont représentés par les courbes des figures 7 et 8. La première figure est relative à l'hydrogène, la seconde au gaz carbonique. La courbe pointillée représente les potentiels dans l'air.

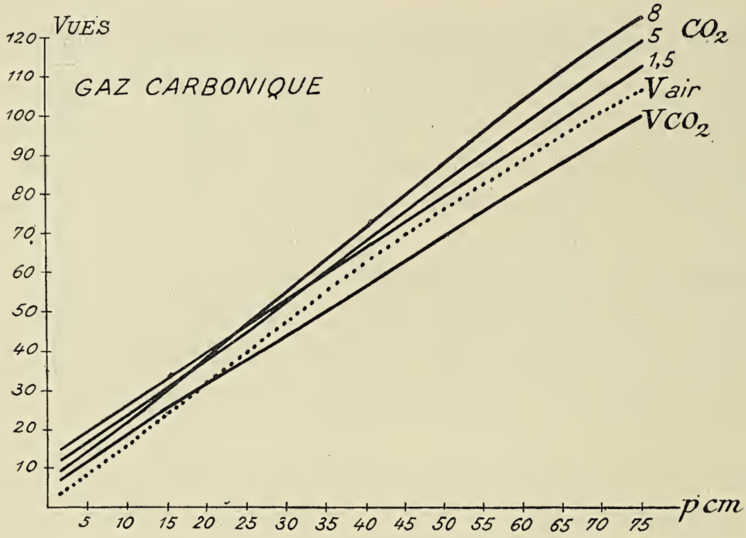


Fig. 8.

CONCLUSIONS. — RESULTATS.

1. *Aux faibles pressions,* les potentiels disruptifs sont d'autant plus élevés que le diamètre des sphères interposées est plus petit. Les sphères de verre ont toujours pour effet d'élever les potentiels disruptifs.

2. *A des pressions supérieures à une demi-atmosphère,* les potentiels de décharge sont plus élevés dans l'air que dans le gaz carbonique.

3. Contrairement à ce qui se passe dans l'air et l'hydrogène, l'interposition de sphères de verre élève les potentiels disruptifs dans le gaz carbonique.

Interprétations. — 1. L'interprétation de ce premier résultat a été donnée précédemment.

2. Nous avons vu, en rappelant la théorie de l'ionisation, que le potentiel disruptif s'élève quand λ diminue.

Or λ est, toutes choses égales d'ailleurs, inversement proportionnel à la densité du gaz, comme l'indiquent les nombres suivants :

$d_H = 0.069$ $\lambda_H = 0.0000185$ cm.
$d_{air} = 1.$ $\lambda_{air} = 0.000009$ cm.
$d_{CO_2} = 1.526$ $\lambda_{CO_2} = 0.0000068$ cm.

D'où la règle :

La différence de potentiel nécessaire pour produire une décharge dans un gaz donné est proportionnelle à la densité du gaz. Le résultat (2) apparaît donc comme une anomalie.

Le tableau suivant, extrait d'un travail de Wolf (*), explique cette irrégularité.

Tableau VIII.

Rayon des électrodes en cm.	p. cm.	d. cm	VCO_2.	V. air.	V_H.
$R = \infty$	75	0.1	17.42	14.60	12.70
$R = 1.00$	75	0.1	17.21	16.33	10.44
$R = 1.00$	66	0.3	34.11	35.29	20.00
$R = 1.25$	75	0.5	55.00	57.50	35.00

Ces résultats montrent facilement que la règle qui vient d'être énoncée cesse d'être vraie lorsque le champ n'est plus uniforme. Tout s'explique si nous nous rappelons que, dans nos expériences, $R = 0^{cm}5$ et $d = 2$ centimètres.

3. Il résulte du tableau VIII que lorsque les distances explosives sont suffisamment petites pour que le champ soit uniforme,

---

(*) Wolf, *Wied. Ann.*, 1889, p. 306.

les potentiels disruptifs sont plus élevés dans le gaz carbonique que dans l'air. Or, intercaler des sphères de verre revient à substituer beaucoup de petites distances explosives à une grande.

Électricité dynamique.

INTRODUCTION.

Le potentiel explosif est-il différent suivant que l'étincelle résulte d'une variation lente du potentiel (machine électrostatique) ou qu'elle est produite par une bobine d'induction (*) ?

M. Swyngedauw (**) a montré que dans les gaz les potentiels statiques et dynamiques étaient peu différents. En est-il de même quand un diélectrique est interposé entre les électrodes ?

Dispositif expérimental. — Nous nous sommes servi d'une bobine de Ruhmkorff sur le circuit secondaire de laquelle se trouvaient, en dérivation, le micromètre de comparaison d'Edelmann et les électrodes contenues dans la cloche à vide.

Manière d'opérer. — On règle les résistances de façon à avoir le moins d'interruptions possible. Par tâtonnements successifs, on détermine deux distances, d_1 et d_2, des électrodes du micromètre de comparaison Mc, telles que pour d_1 ($d_1 < d_2$) l'étincelle éclate en Mc et pour d_2 dans la cloche à vide. Si d_1 et d_2 sont des valeurs suffisamment rapprochées, leur moyenne arithmétique est considérée comme la distance à laquelle l'étincelle passerait indifféremment en Mc ou dans la cloche à vide. On passe facilement de cette distance au potentiel disruptif correspondant. Il importe d'espacer les essais, afin d'éviter l'influence d'une ionisation causée par les étincelles précédentes. Nous avons pu nous convaincre, par plus d'un insuccès, de l'importance de cette précaution.

(*) *Sitzber. der Wiener Akad.*, 1888, t. XCVII, p. 675.

(**) Swyngedauw, Thèse de doctorat. Paris, 1887.

RÉSULTATS.

A. — *Expériences à la pression atmosphérique.* — La distance *d* des électrodes de la cloche à vide a été maintenue constante et égale à 2 centimètres. Le diamètre des sphères de verre a-t-il de l'influence en électricité dynamique? Leur interposition diminue-t-elle les potentiels de décharge ?

On trouve :

Tableau IX.

	Potentiels statiques.		Potentiels dynamiques.		
d cm.	D = 8 mm.	D = 1mm5	D = 8 mm.	D = 1mm5	V. air.
2	80.5	91	45	90	110.2
1.5	68	71	29	52.5	100
1	50	52.5	13.2	32	87
0 5	28	30	9	18	57

Ces résultats sont représentés graphiquement par la figure suivante. Les courbes relatives à l'électricité dynamique sont en trait double.

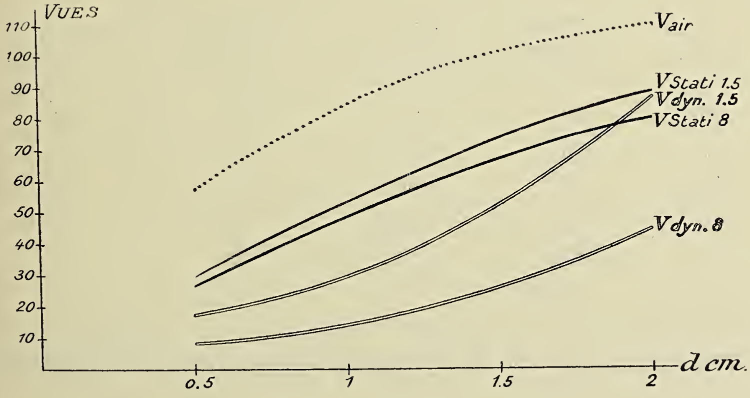


Fig. 9.

Cette figure montre que :

1° L'interposition des sphères de verre a pour effet, comme en électricité statique, de diminuer le potentiel de décharge ; mais l'influence du diamètre est plus sensible qu'en statique.

2° Les courbes relatives aux potentiels dynamiques tournent leur concavité vers l'axe des y positifs, ce qui indique que les potentiels disruptifs croissent brusquement quand *d* augmente.

Et ce dernier résultat concorde fort bien avec ce qui a été trouvé dans l'étude du voisinage des diélectriques (*), où l'on dit : « Les diélectriques ne diminuent la valeur du potentiel disruptif que lorsqu'ils se trouvent au voisinage des électrodes ; pour les positions intermédiaires, les potentiels disruptifs sont plus élevés et atteignent presque la valeur des potentiels sans diélectrique. »

B. — *Expériences à pression réduite et dans les gaz.* — Le tableau suivant montre que les potentiels explosifs dynamique et statique sont à peu près les mêmes quand on n'interpose aucun diélectrique entre les électrodes.

Tableau X.

	V. CO_2.		V. AIR.	
p cm.	V. Statique.	V. Dynamique.	V. Statique.	V. Dynamique.
76	99	95	104	105
66	85	85	—	—
56	68	69	73	77
36	53	52.5	51	50 5
16	27.5	26	26	25
6	13.24	12	11.52	12.3

Mais cette concordance disparaît quand on expérimente avec

(*) Ouvrages cités page 146.

les sphères de verre. Comme l'indique le tableau suivant relatif à l'air, l'influence du diamètre est beaucoup plus sensible en électricité dynamique qu'en électricité statique.

Tableau XI.

p cm.	V. Statique. D = 8	V. Dynamique. D = 8	V. Statique. D = 1mm5	V. Dynamique. D = 1mm5
—	—	—	—	—
76	81	45	91	90
56	67 5	37	79	82
36	47	25	54	59
16	35	15	34	35
6	—	11	—	15

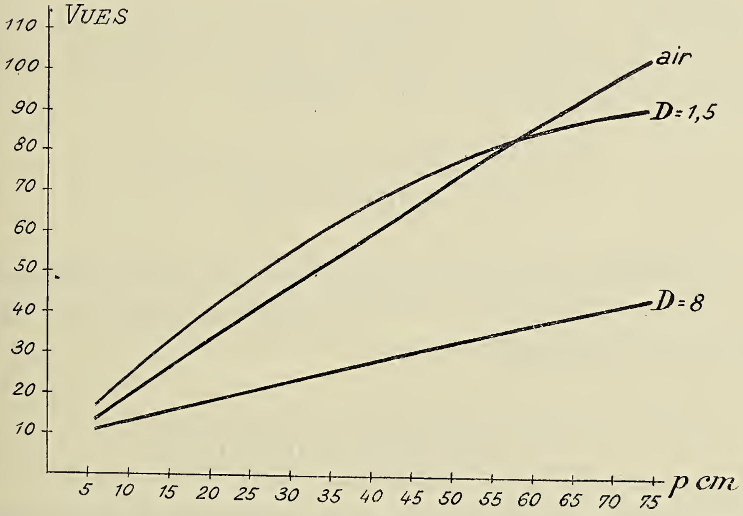


Fig. 10.

Il est probable que les lignes de force sont modifiées différemment par un diélectrique suivant que le potentiel disruptif est brusquement atteint ou qu'on l'obtient à l'aide d'une machine électrostatique.

Résumé et conclusions.

A. — ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

1. — Dans l'air.

a) *A la pression atmosphérique :* La formule $V = a + bd$ n'est vraie que lorsque le champ électrique est uniforme. L'interposition des sphères de verre (D = 1.5, 2, 5 ou 8 millimètres) a toujours pour effet de diminuer les potentiels disruptifs. Aux plus petites sphères correspondent les potentiels les plus élevés, mais cette influence du diamètre n'est pas très sensible.

b) *A de faibles pressions* (< 50 millimètres Hg), l'interposition de sphères de verre augmente les potentiels disruptifs.

Remarque. — Avec les sphères de verre, la formule $V = a + bd$ et la loi de Paschen sont vérifiées. Elles agissent donc comme si elles rendaient le champ plus uniforme.

2. — Dans les gaz.

A de faibles pressions, les conclusions sont les mêmes que pour l'air. A la pression atmosphérique, le gaz carbonique présente une anomalie.

B. — ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.

Quand aucun diélectrique n'est interposé entre les électrodes, les potentiels statique et dynamique sont peu différents. Il n'en est plus de même lorsqu'on expérimente avec les sphères de verre. Exemple : L'influence du diamètre des sphères est plus sensible qu'en statique.

La théorie de l'ionisation explique certains résultats de nos expériences, mais elle semble insuffisante dans quelques cas. Elle ne permet pas d'interpréter, par exemple, certains résultats d'expériences faites en électricité dynamique. Et il est à remarquer que lorsque le champ n'est plus uniforme, nos conclusions ne concordent jamais avec celles qu'exigerait la théorie de l'ionisation.

Ces recherches ont été faites au laboratoire de physique de l'Université de Louvain.

Il nous est très agréable d'exprimer ici à M. le Prof^r de Hemptinne notre profonde gratitude pour les précieux conseils qu'il nous a donnés au cours de ces recherches.

Nous tenons aussi à remercier M. le Prof^r De Muynck pour son bienveillant appui dans la pratique opératoire.

Louvain, le 24 juin 1911.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Pelseneer (*Paul*). Deux mollusques parasites de mollusques. Iéna, 1912; extr. in-8° (pp. 479-484; 1 pl.).

Stuyvaert (*M.*). Un complexe cubique de droites. Turin, 1912; extr. in-4° (18 p.).

Brachet (*A.*). La signification morphologique des grands organes des sens de la tête. Bruxelles, 1911; extr. in-8° (167 p.).

— Recherches sur la gastrulation et l'origine de l'hypoblaste ou tube digestif chez *Amia cala*. Iéna, extr. in-8° (pp. 425-456, pl.).

— La polyspermie expérimentale dans l'œuf de *Rana fusca*. Bonn, 1912; extr. in-8° (pp. 96-112).

Thirion (*J.*), S. J. G. Van der Mensbrugghe. Sa vie et ses travaux. Louvain, 1912; extr. in-8° (54 p., portr.).

GAND. *Université*. G Van der Mensbrugghe, professeur émérite de la Faculté des sciences, ancien recteur, né à Gand le 13 février 1835, décédé le 20 octobre 1911. Discours. In-8° (28 p., portr.).

Monier (*Marcel*). La thérapeutique des maladies chroniques. Anvers, extr. in-8° (7 p.).

Lecat (*Maurice*). Sur les déterminants de classe impaire uniformes. Louvain, 1912; extr. in-8° (19 p.).

Zunz (*Edgard*). L'antialcoolisme à l'Exposition d'hygiène de Dresde. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (16 p.).

BRUXELLES. *Observatoire royal de Belgique.* Annuaire météorologique pour 1912. (J. Vincent.) In-16.

— Catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes de la bibliothèque. Fascicule II. (A. Collard.) 1911.

GAND. Mathesis. Recueil mathématique à l'usage des écoles spéciales et des établissements d'instruction moyenne (publié par P. Mansion et J. Neuberg), 1909, 1910, 1911.

—

Duc d'Orléans. Campagne arctique de 1907. Crustacés malacostracés. (Dr Louis Stappers.) 1911, in-4°.

— Annélides polychètes. (Pierre Fauvel.) 1911, in-4°.

Foveau de Courmelles. L'Année électrique, électrothérapique et radiographique. Revue annuelle des progrès électriques en 1911, 12e année. In-16 (384 p.), 1912.

Danne (*Jacques*). Notice sur le Laboratoire d'essais des substances radioactives. Paris, 1912; in-4° (14 p., gr.).

Kirchner (*A.*). Note sur l'arrivée et le départ des hirondelles en 1911. Besançon, 1912; extr. in-8° (1 p.).

—

MADRID. *Observatorio astronómico.* Memoria sobre el eclipse anular y total de Sol del día 17 de abril de 1912. In-4°, 1912.

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 2 mars 1912.*

Félicitations à M. Mourlon pour sa promotion au grade de grand officier de l'Ordre de Léopold II, et à M. Ch. Julin, élu correspondant de l'Institut national genevois 119

Correspondance.

Condoléances adressées à la Société royale de Londres à l'occasion du décès de lord Lister. — M. le Secrétaire perpétuel communique le texte de l'Adresse envoyée à l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie au sujet de son jubilé. Remerciements à M. Julin pour sa collaboration. — Remerciements de M. Depéret félicité pour le Prix Petit d'Ormoy. — Hommages d'ouvrages. — Travaux à l'examen 119

Un travail de M. Van Bambeke : *Myxomycète nouveau pour la flore belge*, sera imprimé dans les *Mémoires* in-8° 121

Concours pour 1913.

Programme du concours annuel 121

Programme du Prix Charles Lemaire. 124

Rapports.

Avis verbal de M. le Paige. (Note sur une pendule avec sonnerie portant l'adresse de Sarton, à Liége; par Servaas Van Rooyen, de La Haye.) . . 125

Rapport de M. V. Willem. (Sur la nature de la systole de l'oreillette; par Henri Fredericq.) 125

Rapports de MM. de Hemptinne et De Heen. (Contribution expérimentale à l'étude de l'influence des diélectriques sur la décharge disruptive. — Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition de sphères de verre entre les électrodes; par M. Moreau.) 126

Prix Léo Errera.

Rapports de MM. Van Bambeke, L. Fredericq et Jorissen sur les travaux soumis pour la 2^me^ période 1909-1912. (Prix décerné à M. Edgard Zunz.). 127, 129, 130

Communications et lectures.

Physiologie. — *Sur la nature de la systole de l'oreillette* (7 fig.); par Henri Fredericq 131

Électricité. — *Contribution expérimentale à l'étude de l'influence des diélectriques sur la décharge disruptive. — Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition des sphères de verre entre les électrodes* (10 fig.); par M. Moreau. 146

Bulletin bibliographique 171

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

06.4
A16

m

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 4

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 19 1937
5
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 20 avril 1912.

M. Ch. Francotte, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur ;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, Michel Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, V. Masius, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, G. Cesàro, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. Rutot, *membres ;* A. de Hemptinne, P. Stroobant, J. Verschaffelt, L. Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

CORRESPONDANCE.

Dès l'ouverture de la séance, M. le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau le *Liber memorialis* de la manifestation qui a eu lieu à Liége, le 27 décembre 1911, à l'occasion de l'éméritat de M. J. Neuberg, comme professeur de la Faculté des sciences de l'Université.

« Nous sommes heureux, ajoute-t-il, de nous associer à cette manifestation où le cœur a présidé avec toute la reconnaissance de ceux qui ont été initiés à la science par le confrère bien-aimé qui reste toujours sur la brèche pour les travaux de l'Académie. » (*Applaudissements.*)

— M. A. Merry del Val, envoyé extraordinaire et Ministre plénipotentiaire d'Espagne, fait parvenir un exemplaire du programme des cours de vacances pour étrangers qui se donneront cette année, à Madrid, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts et du Comité institué par le Gouvernement espagnol pour les hautes études et recherches scientifiques.

La valeur scientifique des conférenciers, dont plusieurs sont des académiciens et d'autres des professeurs d'université, offre toutes les garanties désirables au point de vue de la qualité de ces cours.

Dans le but de faciliter l'assistance, des pensions modiques pour messieurs et dames seront à la disposition des visiteurs. Le Secrétariat fournira gratuitement des prospectus plus détaillés et tous les renseignements demandés.

— L'Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore, à Liége, envoie le programme du concours pour 1914.

— Le Comité de publication des collections Edmond de Selys Longchamps sollicite la souscription de l'Académie au catalogue qu'il publie, pour lequel les héritiers du bien-aimé confrère ont versé jusqu'à ce jour une somme très importante, une petite fortune, dit le Comité, afin d'en permettre l'impression.

La Classe est heureuse d'apporter son concours à cette œuvre qui mettra en relief toutes les richesses scientifiques rassemblées dans le musée du château de Waremme par feu Edmond de Selys, qui a illustré l'Académie.

— La Société royale de botanique de Belgique annonce qu'elle organisera, à l'occasion de la célébration prochaine de son cinquantième anniversaire, quelques réunions botaniques parmi lesquelles un rappel de l'excursion faite dans la zone maritime, lors de sa fondation.

Elle se féliciterait, dit-elle, d'y voir figurer des membres de l'Académie. MM. Van Bambeke et Malaise acceptent cette mission.

— Le Comité d'organisation de la XIV^e session du Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques annonce que cette réunion aura lieu à Genève, dans la première semaine de septembre prochain.

— M. le Prof^r D^r W. Foerster, président du Comité international des poids et mesures, invite l'Académie à prendre part à la cérémonie officielle qui aura lieu à Nice, le 24 avril, à l'occasion du vingtième anniversaire de la mort du général Ibañez, le premier président du Comité, et qui a appartenu comme associé à l'Académie. — Un télégramme de sympathies sera immédiatement adressé.

— M. A. Rutot, membre de la Classe, écrit pour appuyer, par des faits personnels, la communication faite par M. le chevalier Marchal, dans la séance du 3 février dernier, et relative à la nécessité de réaliser, sans plus tarder, les dispositions du legs Agathon De Potter. Il fait, dans cette intention, un pressant appel à l'aide de ses confrères.

— La Classe approuve l'adresse de félicitations que M. Dollo, son délégué, remettra à la Société royale de Londres à l'occasion de son deux cent cinquantième anniversaire de fondation.

— Hommages d'ouvrages :

Liber memorialis de la manifestation en l'honneur de M. J. Neuberg (présenté par M. le Secrétaire perpétuel);

L'hermaphroditisme chez les Lamellibranches; par M. P. Pelseneer;

Pour la protection de la nature en Belgique; par M. Jean Massart;

L'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par M. Paul Stroobant;

Recherches sur la phylogenèse des Tuniciers. Recherches sur le développement embryonnaire de Pyrosoma giganteum Les.; par M. Charles Julin;

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, fascicules XXXV et XXXVI; par S. A. Albert Ier, prince souverain de Monaco;

Le principe de l'équivalence; par M. Émile Schwoerer (présenté par M. le Secrétaire perpétuel).

— Remerciements.

— Travaux soumis à l'examen :

Gammes musicales anciennes et modernes; par Frédéric Hesselgren, ingénieur à Turin. — Commissaires : MM. De Heen et Verschaffelt;

Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée; par R. De Muynck, professeur à l'Université de Louvain. — Commissaires : MM. de Hemptinne et De Heen;

Sur les cas d'intégrabilité de l'équation $\frac{d^ny}{dx^n} = \frac{P}{xy}$; par Jean Beaupain, ingénieur en chef des mines, à Liége. — Commissaires : MM. de la Vallée Poussin et Demoulin.

La Classe décide que la question de la création d'un prix de géographie sera portée à l'ordre du jour de l'assemblée générale des trois Classes.

Comité secret.

Il est donné connaissance, par les sections, des candidatures présentées pour les places vacantes. La discussion des titres des candidats aura lieu le mois prochain.

RAPPORTS.

Sur avis verbal de M. Léon Fredericq un travail manuscrit de M. Henri Fredericq fils, *Sur la contraction alternante du myocarde et son électrogramme*, sera inséré au *Bulletin*.

— Sur rapport verbal de MM. Jorissen et Swarts, une note de M. Oechsner de Coninck : *Action de la lithine sur le carbonate de calcium*, sera publiée dans le *Bulletin*.

Cirro-cumulus et alto-cumulus;

par J. Vincent.

Rapport de M. G. Lecointe, premier commissaire.

« La note de M. Vincent a essentiellement pour objet de démontrer que les nuages moyens ont des formes sans relation directe avec leur altitude et qu'il y a lieu de reviser la classification adoptée par le Comité météorologique international.

Dans ce but, M. Vincent fait un historique des définitions attribuées aux nuages moyens, successivement par L. Howard ; puis, en 1886, de commun accord par MM. Hildebrandsson et Abercromby ; en 1887, par ces mêmes météorologistes, se plaçant cette fois à des points de vue assez différents ; et, en 1890, par MM. Hildebrandsson, Köppen et Neumayer.

M. Vincent compare certains de ces textes entre eux ainsi qu'aux figures et aux planches qui leur sont annexées, et il trouve des divergences, voire des contradictions sur lesquelles il insiste. Il analyse ensuite de la même manière les éditions de 1896 et de 1910 de l'*Atlas international des nuages*.

Discutant alors les observations d'altitude de nuages faites minutieusement, à Potsdam, en 1896-1897, M. Vincent signale l'embarras occasionné aux observateurs par la nomenclature internationale; il en déduit que celle-ci est insuffisante et n'a pas les liens qu'on lui supposait avec les altitudes. L'auteur trouve au contraire dans ces observations la confirmation des opinions émises, dès 1884, par N. Ekholm et K. L. Hagström, qui comprenaient « dans leurs nuages inférieurs la plus grande partie des alto-cumulus, l'autre partie prenant place dans les nuages supérieurs ».

L'exposé de M. Vincent paraît recommander la fusion des deux expressions cirro-cumulus et alto-cumulus en une seule, mais à la condition de subdiviser ensuite cette espèce unique en variétés; l'auteur a d'ailleurs fait connaître ses préférences à ce sujet au chapitre II de son mémoire intitulé : *Atlas des nuages,* publié dans le tome XX des *Annales météorologiques de l'Observatoire royal de Belgique.*

On pourrait se demander si le moment de procéder à la revision préconisée par M. Vincent est arrivé, ou s'il ne conviendrait pas mieux d'attendre, pour changer une convention internationale, que les météorologistes possédassent des données plus complètes que celles dont ils disposent aujourd'hui.

Les nouvelles méthodes d'investigation de l'atmosphère permettent en effet de croire que l'étude des nuages se trouve dans une phase de progrès prochains.

Dans tous les cas, la note de M. Vincent présente un intérêt scientifique justifiant ma proposition de l'insérer dans le *Bulletin* de la Classe. »

MM. P. Stroobant et C. le Paige se rallient entièrement aux conclusions du rapport du premier commissaire. — Adopté.

Sur la cinématique des milieux continus;
par Th. De Donder.

Rapport de M. de la Vallée Poussin, premier commissaire.

« Dans cette note, M. De Donder nous donne deux nouvelles applications des notions qu'il a développées dans ses mémoires sur les invariants intégraux.

Dans la première, il détermine les conditions pour qu'un changement de variables transforme un mouvement variable en mouvement stationnaire, ce qui généralise un problème récemment étudié par M. Zorawski.

Dans la seconde, il retrouve le principe de dualité en cinématique signalé, tout récemment aussi, par M. Vessiot.

Nous proposons volontiers l'insertion aux *Bulletins.* »

M. A. Demoulin se rallie aux conclusions de son savant confrère. Elles sont adoptées.

Nouvelles recherches sur la constante de réfraction;
par P. Schwers.

Rapport de M. P. De Heen.

« Le travail de M. Schwers renferme de nouvelles mesures ainsi que d'intéressantes considérations relatives à l'indice de réfraction ; il constitue la continuation de ses recherches précédentes.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de ce travail dans les *Bulletins* de l'Académie. » — Adopté.

Études sur les Chironomides de Belgique; par le Dr Goetgebuer.

Rapport de M. V. Willem, premier commissaire

« Le Dr Goetgebuer a entrepris l'étude des Chironomides de Belgique, et le mémoire actuellement présenté à la Classe des sciences comporte la description des larves et des nymphes d'une dizaine d'espèces de *Chironomus* dont les métamorphoses étaient peu ou point connues.

Cette description me paraît fort soignée, faite avec une précision dont je ne vois pas l'équivalent dans les quelques mémoires récents publiés sur ce groupe de Diptères, naguère fort négligé. Une première orientation parmi ces formes de larves et de nymphes permet à l'auteur d'établir dans le genre *Chironomus* des sections qui s'annoncent pouvoir coïncider avec les coupures analogues qu'on fonderait sur les caractères des adultes.

Mais le principal intérêt du mémoire soumis à notre appréciation réside, à mon sens, dans la description de la bouche et dans la mise en lumière d'une paire d'appendices relevant de la lèvre supérieure : des « prémandibules » mues par des muscles spéciaux et intervenant dans la mastication et la déglutition des aliments. Que ces pièces soient les appendices ventraux, conservés de façon inattendue, du métamère correspondant au labrum, ou qu'elles soient de nouvelles acquisitions des Chironomes, elles présentent un intérêt théorique considérable, et la description objective et précise qu'on nous en donne actuellement éveillera l'attention.

Je propose en conséquence l'impression du travail en question et des cinq planches doubles, fort belles, qui l'accompagnent, dans les *Mémoires* in-8°. »

Rapport de M Lameere, second commissaire.

« Je me rallie aux conclusions du rapport du premier commissaire. »

— Ces conclusions sont adoptées.

Sur la stabilité de l'aéroplane; par Julien Pacotte.

Rapport de M. de la Vallée Poussin.

« J'ai l'honneur de présenter à la Classe des sciences un très intéressant travail de M. Pacotte sur la stabilité de l'aéroplane.

Ce travail se compose de deux parties : l'une générale, l'autre spéciale.

La partie générale, la plus considérable, rentre dans la mécanique rationnelle, et l'auteur y établit sous différentes formes les équations générales du mouvement de l'aéroplane.

La partie spéciale, consacrée à l'étude de l'équilibre latéral, fait appel à des principes plus empiriques et introduit des simplifications plausibles dans une première approximation. M. Pacotte arrive à des conclusions importantes quant à la stabilité, qui sont d'ailleurs d'accord avec l'expérience.

On me permettra d'insister un peu sur la partie générale et de mettre en lumière l'utilité de la définition du mouvement *quasi permanent*, proposée par M. Pacotte.

On doit à M. Brillouin la définition du mouvement permanent que je vais rappeler. Soient Ox, Oy, Oz les axes principaux d'inertie de l'aéroplane relatifs au centre de gravité O. Le mouvement instantané de l'appareil est défini par les composantes u, v, w et p, q, r, suivant ces axes, de sa translation et de sa rotation instantanées. Un mouvement permanent est caractérisé par la constance des six éléments précédents et des trois cosinus directeurs a, b, c de la verticale par rapport à $Oxyz$. Ceci posé, un mouvement quasi permanent est un mouvement qui tend vers la permanence, en d'autres termes, c'est un mouvement pour lequel les neuf caractéristiques $u, \ldots\ p, \ldots\ a, \ldots$ fonctions du temps, tendent vers les constantes $u', \ldots\ p', \ldots\ a', \ldots$ d'un mouvement permanent. Il en résulte un critère de stabilité : est stable un mouvement permanent qui se transforme en mouvement quasi permanent quand on le trouble, pourvu que le trouble soit suffisamment petit.

Pour former les équations du mouvement permanent troublé, M. Pacotte désigne par $\delta u, \ldots\ \delta p, \ldots\ \delta a, \ldots$ les variations subies par les caractéristiques du mouvement permanent et il néglige leurs carrés et leurs produits. Il obtient donc les neuf équations différentielles qui lient les neuf variations δ en différentiant avec δ les neuf équations qui lient $u, \ldots\ p, \ldots\ a, \ldots$ dans un mouvement quelconque et en y substituant les caractéristiques $u', \ldots\ p', \ldots\ a', \ldots$ du mouvement permanent. Le système ainsi obtenu est linéaire à coefficients constants et sans seconds membres. Les conditions de quasi-permanence sont, les racines de l'équation caractéristique de ce système étant supposées simples, que les racines réelles et les parties réelles des racines imaginaires soient négatives.

L'avantage de cette méthode est de ne faire intervenir dans la définition du mouvement quasi permanent et, par suite, de la stabilité, que les inclinaisons des axes de l'appareil sur la verticale et non l'orientation alentour de celle-ci. En effet, il est clair *a priori* que la stabilité dans l'orientation autour de la verticale est impossible, puisque l'orientation initiale d'un mouvement permanent autour de la verticale est arbitraire et que tout changement donné à cette orientation ne peut, par conséquent, avoir aucune tendance à se racheter.

D'ailleurs les équations de M. Pacotte mettent ce fait en évidence. Pour définir les directions dans l'espace des axes $Oxyz$ en mouvement troublé, M. Pacotte détermine leur situation relativement aux directions contemporaines des mêmes axes en mouvement non troublé. Il le fait en faisant connaître les trois rotations élémentaires α, β, γ autour de Ox, Oy, Oz qu'il faut donner au système $Oxyz$ pour passer d'une situation à l'autre. Les déterminations des angles α, β, γ exigent, au degré d'approximation considéré, une quadrature de plus que la détermination des δ. Cette quadrature introduit une constante, simplement additive, qui exprime que l'orientation initiale du système autour de la verticale est arbitraire.

Cette constante additive, qui correspond à une racine nulle de l'équation caractéristique, s'introduit donc toujours dans les calculs, dès que le mouvement est rapporté à des axes de direction fixes. C'est ainsi que M. Bothézat l'a rencontrée dans les siens, mais sans peut-être en apercevoir la véritable signification, car il paraît en conclure l'instabilité latérale de l'appareil, ce que M. Pacotte a soin de redresser.

M. Pacotte a bien voulu compléter et modifier sur certains points sa rédaction primitive conformément à mes conseils. Tel qu'il est maintenant, son travail me paraît pleinement satisfaisant, et j'ai l'honneur d'en proposer l'impression dans les *Bulletins*. » — Adopté.

Observations faites au Laboratoire de physique du Collège Notre-Dame de la Paix à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912.

Rapport de M. C. le Paige.

« J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion au *Bulletin* de la séance d'une courte note du Père Lucas, S. J., dans laquelle sont indiquées sommairement les recherches auxquelles il s'est livré avec plusieurs collaborateurs lors de l'éclipse du 17 avril.

Je signalerai dans cette note l'emploi de l'électromètre unifilaire du Père Wulf à l'enregistrement des radiotélégrammes et à la détermination des phases de l'éclipse.

Je ne pense pas devoir m'étendre longuement sur les différents objets traités dans cette note préliminaire, les auteurs se proposant de consacrer à leurs études un mémoire plus détaillé. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Physiologie. — **Isolement par écrasement de l'oreillette droite sur le cœur vivant du chien,**

par Léon FREDERICQ, membre de l'Académie.

§ 1. — *Historique.*

J'ai publié en 1901 (1) les résultats d'expériences de section des parois des oreillettes pratiquées sur des cœurs de chien extraits du corps immédiatement après la mort et nourris au moyen d'une circulation artificielle de sang défibriné injecté sous pression dans le bout cardiaque de l'aorte, d'après le procédé de Langendorff.

J'avais constaté que les deux oreillettes cessent de présenter un rythme commun, si l'on divise complètement la paroi qui les unit l'une à l'autre.

On divise par exemple la paroi de l'oreillette droite par une longue section courant au voisinage de la ligne d'union des deux oreillettes et parallèlement à cette ligne, de manière à séparer complètement l'oreillette droite d'avec la cloison interauriculaire. Dans ce cas, la portion séparée de l'oreillette droite, comprenant l'origine des veines caves, ou région du sinus veineux, ainsi que l'auricule droite, et n'adhérant plus qu'au ventricule droit, continue à battre comme auparavant, mais d'un rythme propre, différent de celui du reste du cœur.

---

(1) Sur la pulsation de la veine cave supérieure et des oreillettes du cœur chez le chien. (Communication préliminaire.) [*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1901, n° 3, pp. 126-135.]

L'oreillette gauche bat d'un rythme plus lent, isochrone avec celui des deux ventricules.

On peut faire une expérience analogue sur l'oreillette gauche. On sépare sa paroi d'avec la cloison interauriculaire, de manière à ne la laisser en contact qu'avec le ventricule gauche. Ici aussi, c'est l'oreillette qui reste adhérente à la cloison, c'est-à-dire l'oreillette droite qui règle le rythme des ventricules. Quand l'oreillette gauche continue à battre dans ces conditions, ce qui est exceptionnel, son rythme est différent de celui du reste du cœur.

En résumé, lorsque l'allorythmie auriculaire ou discordance de rythme entre les deux oreillettes se trouve réalisée par une section pratiquée soit à droite, soit à gauche de la cloison interauriculaire, c'est l'oreillette qui reste adhérente à cette cloison qui règle le rythme des ventricules.

Il était désirable de reprendre ces expériences sur le cœur *in situ*, parce que les auteurs qui, dans ces derniers temps, ont réalisé des expériences analogues de section et de division de la paroi des oreillettes, sont arrivés à des résultats peu concordants et que le cœur isolé ne se comporte pas toujours sous ce rapport comme le cœur *in situ*.

Hering (1), Flack (2), Erlanger et Blackman (3), Jaeger (4), etc., ont vu, comme moi, les battements auriculaires persister dans l'oreillette gauche et dans la portion de l'oreillette droite adjacente à la cloison interauriculaire, séparées par section ou ligature d'avec la région de l'oreillette droite correspondant à l'abouchement des veines caves. Dans ce cas, la région des veines caves (*sinus*) présentait un rythme propre plus accéléré que celui du reste du cœur.

---

(1) Hering, Ueber die Erregungsleitung zwischen Vorkammer und Kammer des Säugetierherzens. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1905, CVII, pp. 97-107.)

(2) Martin Flack. L'excision ou l'écrasement du nœud sino-auriculaire et du nœud auriculo-ventriculaire n'arrête pas les pulsations du cœur des mammifères battant dans des conditions normales. (*Arch. intern. physiol.*, 1911, XI, pp. 111-119.)

(3) Joseph Erlanger and Julian R. Blackman, A study of relative rhytmicity and conductivity in various regions of the auricles of the mammalian heart. (*The Amer. Journ. of Physiol.*, 1907, XIX, pp. 125-174.)

(4) Th. Jaeger, Ueber die Bedeutung des Keith-Flack'schen Knotens. (*Deutsch. Arch. f. klin. Med.*, 1910, CI, p. 1.)

Langendorff et Lehmann (1) affirment, au contraire, que l'ablation de la région du sinus (équivalent à la première ligature de Stannius sur le cœur de grenouille) produit l'arrêt définitif du reste des deux oreillettes.

Cohn et Kessel (2) arrivèrent au même résultat par l'ablation du nœud de Keith-Flack.

Erlanger et Blackman admettent que les différentes parties de l'oreillette droite, ainsi que la cloison interauriculaire, peuvent continuer à battre automatiquement après séparation de la région du sinus, mais que l'oreillette gauche, séparée de l'oreillette droite et de la cloison, ne saurait battre isolément et ne possède par conséquent pas l'automatisme (au moins chez le lapin).

Magnus Alsleben (3) n'admet pas non plus l'automatisme de l'oreillette gauche.

Hering (4) a, comme Flack, observé la persistance des pulsations auriculaires après destruction de la région du nœud de Keith-Flack de l'oreillette droite. Il a constaté que dans ce cas elles débutaient au voisinage de la cloison, à en juger d'après la réduction de l'intervalle qui sépare le début de la systole de l'oreillette gauche de celui de la systole des ventricules. Il admet que normalement les pulsations automatiques du cœur débutent dans le nœud de Keith-Flack. Si l'on vient à détruire ce point d'origine, l'automatisme se transporte au nœud de Tawara.

---

(1) Langendorff und C. Lehmann, Der Versuch von Stannius am Warmblüterherzen. (*Arch. f. d. ges. Physiol* , 1906, CXII, p. 352.)

Langendorff, Ueber einige an den Herzohren angestellte Beobachtungen. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1906, CXII, pp. 522-540.)

(2) A. E. Cohn and L. Kessel, The function of the sino-auricular node. (*Arch. intern. med.*, 1911, VII, p. 226. Cité par Flack.)

(3) Magnus Alsleben, Ueber die Entstehung der Herzreize in den Vorhöfen. (*Arch. f. exp. Pathol.*, 1911, LXIV, p. 228.)

(4) H. E. Hering und Walter Koch, Ueber sukzessive Heteropie der Ursprungsreize des Herzens und ihre Beziehung zur Heterodromie. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1910, CXXXVI, pp. 466-482.)

Lohmann (¹) avait observé le même phénomène après application locale de formol au nœud sino-auriculaire.

Kurt Brandenburg et Paul Hoffmann (²) éliminent le fonctionnement du nœud de Flack par l'action locale du froid, agent non irritant. Ils constatent que le rythme auriculaire peut alors prendre naissance dans n'importe quel endroit de l'oreillette droite.

§ 2. — *Expériences d'écrasement séparant l'oreillette droite de la cloison interauriculaire.*

J'ouvre le thorax sur la ligne sternale médiane sur un petit chien anesthésié (morphine 1 centigramme par kilogramme + chloroforme en inhalations) et soumis à la respiration d'air chauffé. Les deux moitiés de la poitrine sont maintenues écartées, le péricarde est divisé et fixé à droite et à gauche aux surfaces de section de la poitrine, de manière à soustraire autant que possible le cœur à l'effet mécanique de la respiration artificielle.

Trois anses de fil sont attachées respectivement aux sommets des auricules droite et gauche et à la paroi antérieure du ventricule droit. Les trois fils sont reliés respectivement à la membrane de trois capsules à air, conjuguées avec trois tambours à levier, inscrivant sur le grand enregistreur de Hering les courbes des

---

(¹) **Lohmann**, Ueber die Funktion der Brückenfasern, an Stelle der grossen Venen die Führung der Herztätigkeit beim Säugetiere zu übernehmen. (*Arch. f. d. ges. Physiol.,* 1908, CXXIII, p. 628.)

(²) **Kurt Brandenburg** und **Paul Hoffmann**, Wo entstehen die normalen Bewegungsreize im Warmblüterherzen und welche Folgen für die Schlagfolge hat ihre reizlose Ausschaltung. (*Med. Klinik*, 1912, VIII, pp. 16-21.)

systoles des oreillettes droite et gauche et du ventricule droit. On prend en même temps un tracé chronographique et un tracé des moments d'excitation de l'un ou l'autre pneumogastrique.

Dans ces conditions, on constate que le tracé de l'oreillette droite est légèrement en avance sur celui de l'oreillette gauche (¹), et qu'il y a un intervalle notable entre le début de la systole des oreillettes et celui de la systole des ventricules.

J'emploie, pour écraser les parois de l'oreillette droite au voisinage de la cloison interauriculaire, la pince à bras longs et robustes qui m'a servi aux expériences d'écrasement du cœur au niveau du sillon auriculo-ventriculaire. Le cœur est soulevé de manière à rendre visible sa face dorsale. L'une des branches de la pince est glissée le long de cette face dorsale, parallèlement à l'axe du cœur, à gauche (par rapport à l'animal) de la veine cave inférieure, et poussée aussi profondément que possible dans la direction orale de l'animal. On laisse retomber le cœur et on le tiraille dans la direction aborale, en accrochant de l'indicateur de la main gauche l'ensemble des gros vaisseaux artériels, de manière à appliquer l'autre branche de la pince sur la face sternale du cœur, parallèlement à la cloison interauriculaire. La pince est poussée dans la direction orale de manière que le bout de la branche antérieure dépasse à gauche de la veine cave supérieure son niveau d'abouchement dans l'oreillette droite. Les deux veines caves, le nœud de Flack, l'auricule droite et

---

(¹) Cette avance de la pulsation de l'oreillette droite, affirmée par moi en 1900 et 1906, a été vérifiée par Schmidt-Nielsen et la plupart des expérimentateurs ultérieurs, notamment par Rothberger et Winterberg (¹). Elle est niée par Hirschfelder et Eyster (²) et par Leontowitsch (³).

(¹) C. J. Rothberger und H. Winterberg, Ueber die Beziehungen der Herznerven zur atrioventrikulären Automatie (nodal rhythm). (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1910, CXXXV, pp. 559-604, voir p. 599.)

(²) Arthur D. Hirschfelder and J. A. E. Eyster, Extrasystoles in the mammalian heart. (*Amer. Journ. of Physiol.*, 1907, XVIII, pp. 222-249, voir p. 248.)

(³) Leontowitsch, Zur Frage über die Kontraktionswelle im Herzen. (*Arch. f d. ges. Physiol.*, 1909, CXXVIII, p. 67.)

une grande partie des parois de l'oreillette droite restent à droite de la pince, en dehors du niveau de l'écrasement.

On serre énergiquement les deux mors de la pince et on les laisse quelque temps en place. On surveille les pulsations ventriculaires et on ouvre la pince, qu'on retire avant que la vie du cœur ne soit compromise.

Il peut arriver que l'écrasement ne soit pas complet ou soit insuffisant. Dans ce cas, il faut réappliquer la pince jusqu'à production d'allorythmie entre (O. D.) et (O. G. + V. V.). Parfois la pince déchire la paroi de l'oreillette droite, ce qui donne lieu à des hémorragies dangereuses et difficiles à arrêter.

Quand l'écrasement est complet et suffisant, l'oreillette droite bat d'un rythme plus rapide que le reste du cœur. Il y a allorythmie complète entre (O. D.) et (O. G. + V. V.).

Fréquemment après cette opération, j'ai constaté, comme Lohmann et Hering, une diminution, une disparition, ou même un renversement de l'intervalle entre O. G. et V. V. correspondant au *nodal rythm* ou à d'autres anomalies d'*hétérotopisme* de l'origine des pulsations cardiaques.

D'autres fois l'intervalle systole O. G. — systole V. V. était normal. Il suffisait d'ailleurs d'une excitation du pneumogastrique gauche pour rétablir le rythme auriculo-ventriculaire et même pour allonger l'intervalle systole O. G. — systole V. V.

Dans un certain nombre d'expériences d'écrasement de l'oreillette droite, l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique m'a donné, tant à gauche qu'à droite, les effets classiques d'inhibition du cœur entier. Cet effet nerveux bilatéral, malgré l'écrasement de la paroi reliant O. D. à O. G., peut s'expliquer en admettant que chacun des pneumogastriques envoie des rameaux se rendant directement à chacune des oreillettes. Il se pourrait aussi que l'écrasement ait lésé les éléments musculaires, tout en respectant les éléments nerveux contenus dans la paroi de l'oreillette droite. J'ai donné précédemment un exemple de cette dissociation par compression graduée des voies motrices et nerveuses contenues dans le faisceau de His.

Mais très souvent l'excitation du pneumogastrique gauche a perdu toute action d'inhibition sur l'oreillette droite et n'arrête plus que l'oreillette gauche et les ventricules.

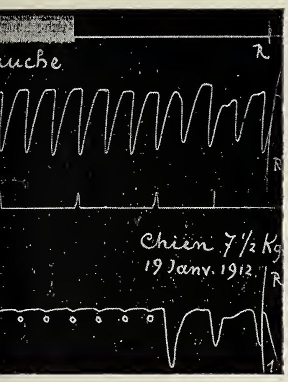
Les figures 1, 2 et 4 nous en montrent des exemples.

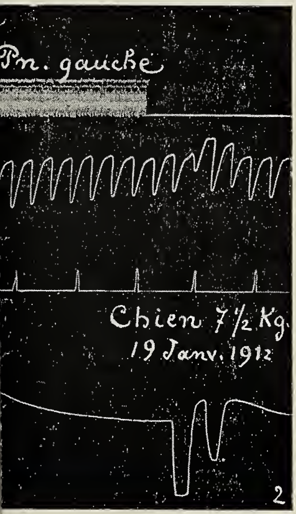
Dans ces cas, il arrive fréquemment que l'excitation du pneumogastrique droit arrête l'oreillette droite, mais ne modifie pas le rythme de O. G. + V. V. La figure 4 nous en donne un exemple intéressant. On put, dans cette expérience, arrêter alternativement O. D. seule par excitation du pneumogastrique droit, ou O. G. + V. V. à l'exclusion de O. D., par excitation du pneumogastrique gauche. (Voir figure 4.)

J'ai montré précédemment que la fibrillation que l'on provoque par faradisation d'une partie de l'oreillette droite se propage immédiatement à l'oreillette gauche (et vice versa) et exerce même à travers le faisceau de His une action perturbatrice sur les pulsations ventriculaires, se traduisant par l'apparition de ce que j'ai appelé le *rythme affolé* des ventricules. Ce rythme affolé rappelle le *pulsus irregularis perpetuus* de Hering.

Après séparation fonctionnelle des deux oreillettes par écrasement de la paroi de O. D., la fibrillation provoquée par faradisation dans l'une des oreillettes reste confinée à celle-ci. Ainsi, la fibrillation de l'oreillette droite ne se transmet plus à l'oreillette gauche et n'a plus d'action sur les pulsations ventriculaires, après application de la pince sur O. D. et écrasement de la paroi qui la relie à O. G. et à la cloison.

Ajoutons qu'après avoir produit l'allorythmie entre O. D. et O. G. + V. V., on peut, dans une seconde opération, produire une nouvelle discordance de rythme entre O. G. et V. V. par section ou écrasement du faisceau de His. On constate alors l'existence simultanée d'un rythme rapide pour O. D., d'un rythme lent pour V. V. et d'un rythme de fréquence intermédiaire intéressant O. G. et la cloison interauriculaire.


uche
R
R
Chien 7½ Kg
19 Janv. 1912
R
1


Pn. gauche
Chien 7½ Kg.
19 Janv. 1912
2

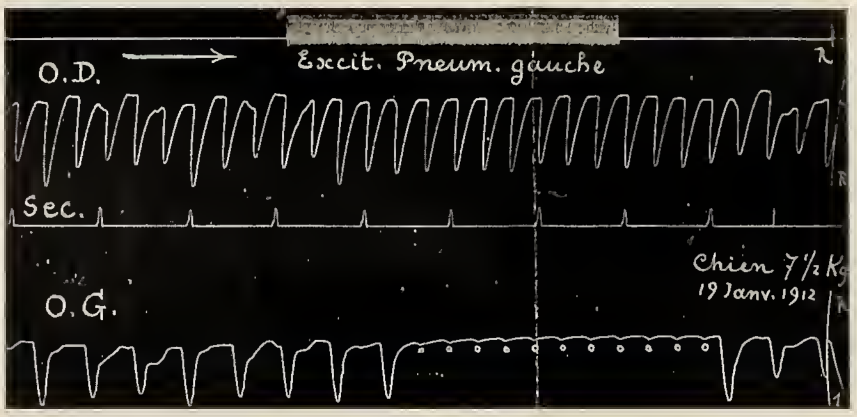


Fig. 1. — Allorythmie entre les deux oreillettes après écrasement des parois de l'oreillette droite. — O. D. Pulsations de l'oreillette droite. — O. G. Pulsations de l'oreillette gauche.

L'excitation du pneumogastrique gauche n'a pas d'action sur l'oreillette droite mais arrête l'oreillette gauche.

o, o, o, o, pulsations de l'oreillette droite transmises mécaniquement à l'oreillette gauche.

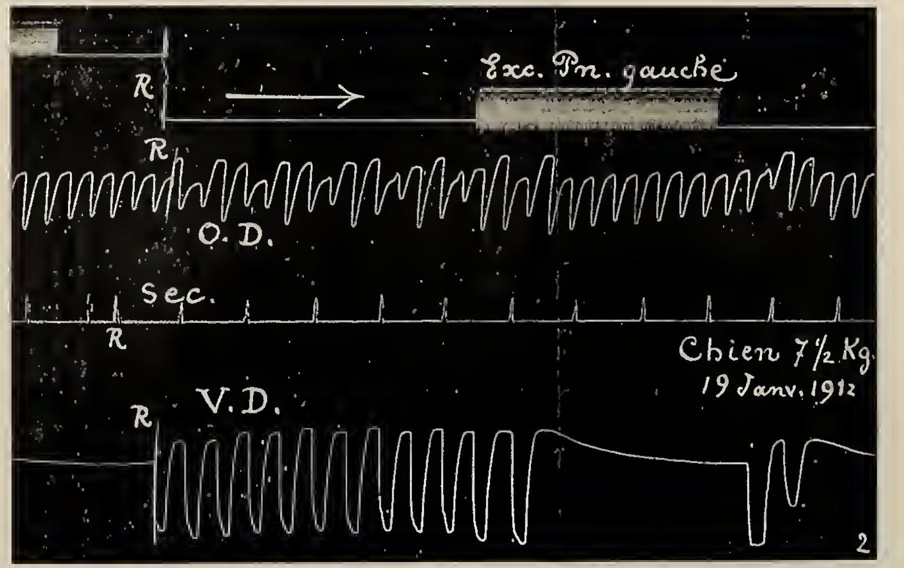
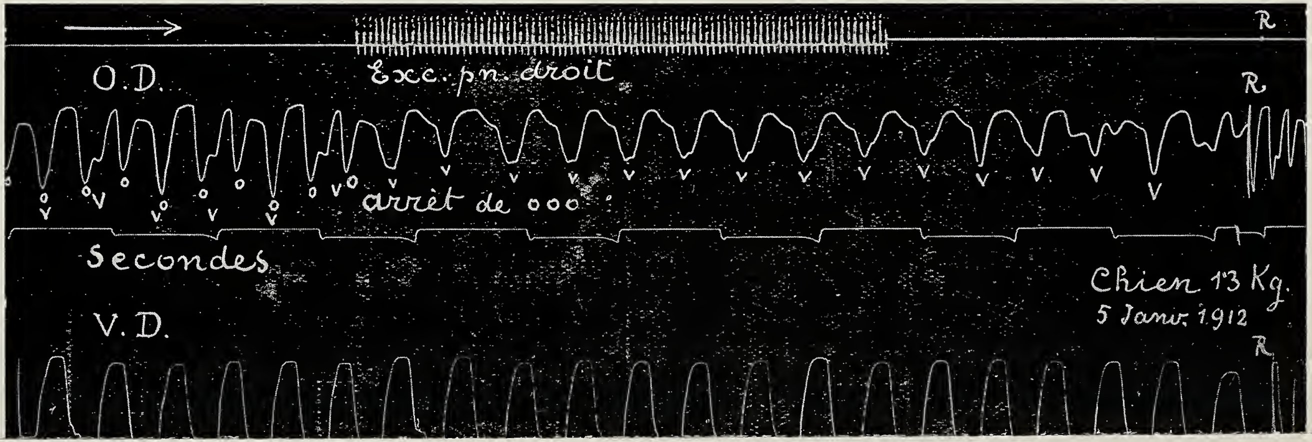


Fig. 2. — Même expérience que dans la figure 1. Mais on enregistre l'arrêt des pulsations du V. D. pendant l'excitation du pneumogastrique gauche. O. D. continue à battre.


R
O.D.
Exc. pn. droit
R
arrêt de ooo
Secondes
Chien 13 Kg.
5 Janv. 1912
V.D.
R

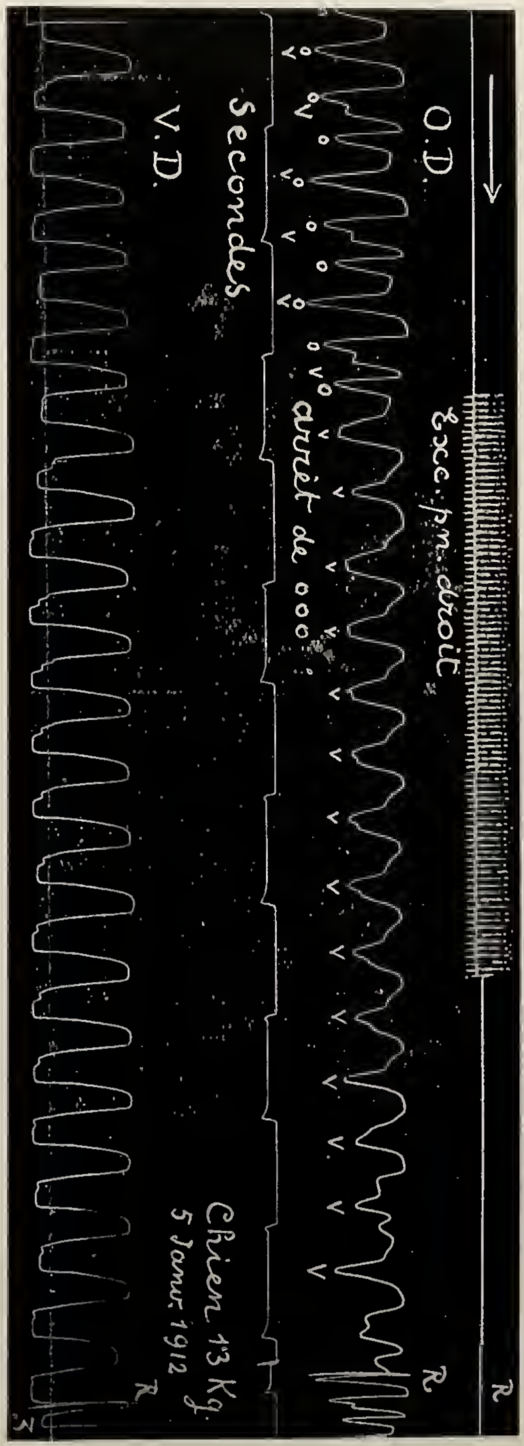


Fig. 3. — Allorythmie entre O. D. et V. D. après écrasement des parois de O. D. Le tracé de O. D. montre une interférence entre les pulsations *o, o, o, o*, de O. D. et celles *v, v, v, v*, des ventricules transmises passivement.

Pendant l'excitation du pneumogastrique droit, les pulsations propres de l'oreillette droite *o, o, o, o*, disparaissent, celles transmises mécaniquement et provenant des systoles ventriculaires *v, v, v* persistent seules.

Il y a donc arrêt de O. D. et persistance des pulsations de O. G. + V. V.

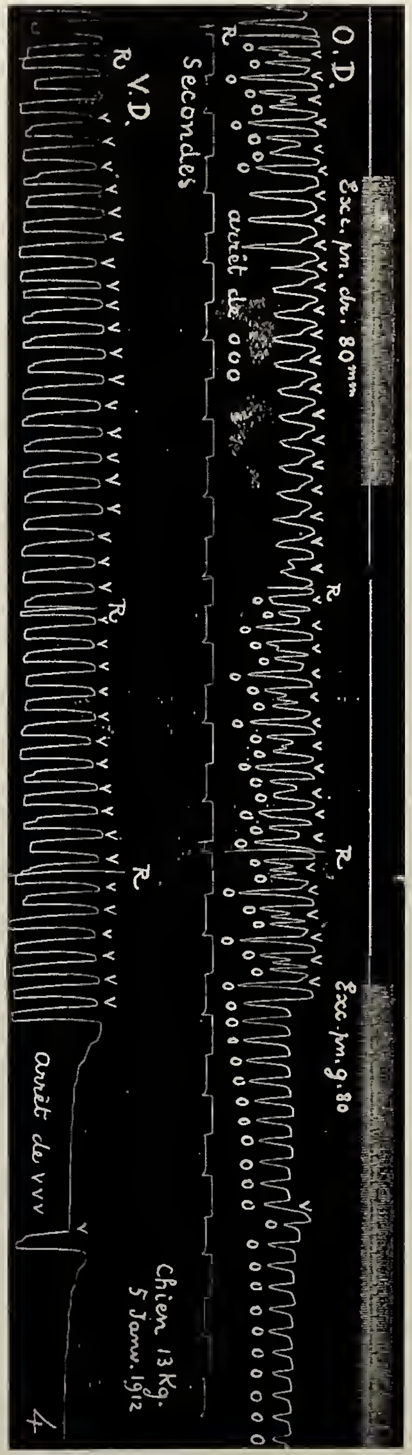


Fig. 4. — Arrêt de l'oreillette droite O. D. et suppression des pulsations propres *o, o, o, o* de O. D. (avec conservation des pulsations ventriculaires transmises *v, v, v, v*) par excitation du pneumogastrique droit (1re moitié du graphique).

Arrêt des ventricules V. D. et suppression sur le tracé auriculaire des seules ondulations *v, v, v, v*, avec conservation des pulsations auriculaires *o, o, o, o*, par excitation du pneumogastrique gauche (2e moitié du graphique).

Dans un certain nombre d'expériences, la limitation de l'action inhibitrice du pneumogastrique droit à la seule oreillette droite, celle du pneumogastrique gauche à O. G. + V. V., à l'exclusion de O. D., se montra immédiatement après l'écrasement dû au placement de la pince, mais disparut ultérieurement pour faire place soit à l'arrêt du cœur entier par excitation de l'un ou de l'autre pneumogastrique, soit à l'inefficacité complète de l'excitation de ces nerfs par refroidissement?). Le premier cas, celui d'une influence temporaire de l'écrasement, parle en faveur d'un écrasement incomplet des nerfs permettant leur restauration ultérieure.

§ 3. — *Résumé.*

On peut sur le cœur *in situ* du chien vivant, et sans interrompre la circulation naturelle, écraser au moyen d'une pince spéciale les parois de l'oreillette droite, au niveau où ces parois relient l'oreillette droite à la cloison et à l'oreillette gauche. On supprime ainsi toute communication musculaire entre les deux oreillettes, d'où allorythmie entre O. D. d'une part et O. G. + V. V. d'autre part. O. D. bat dans ce cas plus vite que O. G. + V. V.

Dans beaucoup de cas, l'écrasement a également pour effet de limiter l'action nerveuse arrestatrice du pneumogastrique gauche à O. G. + V. V. (à l'exclusion de O. D.) et celle du pneumogastrique droit à O. D. (à l'exclusion de O. G. + V. V.).

La fibrillation provoquée dans O. D. ne se propage plus dans ce cas à O. G. et ne provoque plus le rythme affolé des ventricules.

Si, après avoir séparé physiologiquement O. D. de O. G., on sectionne le faisceau de His, ou si on écrase efficacement le sillon auriculo-ventriculaire entre O. O. et V. V., on observera dans le cœur trois rythmes de fréquence inégale :

1° Rythme le plus fréquent limité à O. D;
2° Rythme de fréquence moyenne : O. G. + cloison;
3° Rythme lent limité aux ventricules.

Physique moléculaire. — **Étude graphique des surfaces capillaires,**

par J.-E. VERSCHAFFELT et Ch. NICAISE.

Depuis quelque temps nous cherchons à déterminer l'énergie superficielle au contact de deux fluides, par l'observation de la forme que prend la surface de contact dans le champ de la pesanteur (*). Cette surface fournit notamment, à elle seule, les éléments nécessaires à cette détermination; elle est, en effet, représentée analytiquement par l'équation

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = A + Bz, \qquad (1)$$

où R_1 et R_2 sont les rayons de courbure principaux en un point, placé à une hauteur z au-dessus d'un plan horizontal déterminé (**); A est la courbure en tous les points de la surface situés dans ce plan horizontal;

$$B = -\frac{(\mu_1 - \mu_2)g}{\alpha},$$

μ_1 étant les densités des deux fluides en contact ($\mu_1 > \mu_2$), g l'intensité du champ de la pesanteur et α l'énergie superficielle.

(*) Une telle méthode a l'avantage d'être indépendante de l'angle de raccordement avec une paroi solide. Elle pourrait donc servir dans tous les cas où cet angle constitue un élément d'incertitude, par exemple dans le cas du contact de deux liquides partiellement miscibles, au voisinage du point critique de dissolution.

(**) Nous supposerons que ces rayons sont pris positivement ou négativement, suivant qu'ils sont dirigés vers le fluide le plus dense ou inversement.

Pour trouver α par cette méthode, il suffirait donc de déterminer la courbure de la surface de contact des deux fluides en deux points distants verticalement de z; ou mieux, de déterminer la courbure à divers niveaux et d'en déduire la variation (linéaire) de la courbure avec la hauteur. Or, un des cas les plus simples où la courbure peut être déterminée en divers points, et même le plus simple de tous au point de vue expérimental, est celui où la surface est de révolution; dans ce cas, l'un des rayons de courbure (R_1) est celui de la courbe méridienne au point considéré, l'autre (R_2) est la longueur de la normale à la courbe, depuis le point considéré jusqu'à l'axe.

Le mode opératoire auquel nous nous sommes arrêtés était donc le suivant : on forme une surface capillaire de révolution, par exemple à l'intérieur ou à l'extrémité d'un tube cylindrique, on photographie horizontalement le contour apparent de cette surface et on fait des mesures sur la courbe méridienne ainsi obtenue, après l'avoir convenablement agrandie.

La figure 1 ci-jointe représente une photographie ainsi obtenue, celle d'une goutte suspendue d'un mélange de 51 °/₀ en volume de benzène et de 49 °/₀ de nitrobenzène, dont la densité à 16°, température de l'expérience, était 1,0405; cette goutte était déposée sur de l'eau pure, contenue dans un tube cylindrique, lequel était placé verticalement dans une cuvette à faces parallèles, contenant également de l'eau pure (*). Sur la photographie, le tube et la goutte sont reproduits aux $^2/_3$ environ de la grandeur véritable (le diamètre extérieur du tube est $3^{cm}30$).

La figure 2 représente la courbe méridienne OI, agrandie

(*) Comme il y avait de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur du tube cylindrique, les rayons traversant le tube en rasant la surface de contact n'étaient pas déviés; la paroi de verre du tube même, épaisse de $0^{mm}95$, pouvait évidemment produire par réfraction une faible modification des abscisses, mais nous avons constaté que cette modification était négligeable.

9,21 fois. Sur cette courbe nous avons fait les lectures suivantes :

$x =$ 1 centim.	$z =$ 0cm07	$\frac{z}{x^2} = 0{,}07$
2	0,28	0,070
3	0,64	0,071
4	1,17	0,073
5	1,94	0,078
6	2,97	0,083
7	4,35	0,089
8	6,45	0,101
9	9,65	0,119
10	13,27	0,133

z est l'ordonnée de la surface au-dessus du plan tangent au sommet, x le rayon correspondant du parallèle à ce niveau.

Notre première idée était de nous servir de ces lectures pour représenter la courbe méridienne, sur une étendue plus ou moins grande à partir du sommet, par une équation de la forme

$$z = a_2 x^2 + a_4 x^4 + a_6 x^6 + \cdots, \tag{2}$$

de façon à pouvoir en déduire, en fonction de z, la courbure

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{z''}{(1 + z'^2)^{3/2}} + \frac{z'}{x(1 + z'^2)^{1/2}}. \tag{3}$$

Cette méthode, très simple en apparence, ne conduisit pas cependant à un résultat satisfaisant. Même une formule (à trois termes, par exemple) qui, sur une assez grande étendue (jusqu'à $x = 8$), représentait la courbe dans les limites d'erreur possibles (quelques dixièmes de millimètre), ne donnait pas sur la même étendue une valeur de la courbure (3) vérifiant la relation (2). Il ne suffisait donc pas de représenter la courbe d'une façon satisfaisante par une formule du genre (2) pour pouvoir en déduire, avec la même précision, les rayons de courbure. Cela tient évidemment à l'incertitude de z'', où l'influence des termes de degré élevé, les moins certains, se fait surtout sentir.

D'ailleurs, les valeurs numériques des coefficients successifs de la formule (2) ne satisfaisaient pas aux relations qui, en vertu de l'équation (1), doivent exister entre ces coefficients ; en substituant les expressions (2) et (3) dans (1) et identifiant les coefficients des mêmes puissances de x dans les deux membres, nous avons trouvé les relations (*) :

$$\begin{aligned}
a_2 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{2} \\
a_4 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2!} \left(\frac{A}{2}\right)^3 \left(1 + \frac{B}{A^2}\right) \\
a_6 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3!} \left(\frac{A}{2}\right)^5 \left(1 + \frac{20}{9} \frac{B}{A^2} + \frac{2}{9} \frac{B^2}{A^4}\right) \qquad (4) \\
a_8 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{4!} \left(\frac{A}{2}\right)^7 \left(1 + \frac{7}{2} \frac{B}{A^2} + \frac{82}{45} \frac{B^2}{A^4} + \frac{1}{45} \frac{B^3}{A^6}\right) \\
a_{10} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{7}{2} \cdot \frac{1}{5!} \left(\frac{A}{2}\right)^9 \left(1 + \frac{24}{5} \frac{B}{A^2} + \frac{529}{105} \frac{B^2}{A^4} + \frac{1304}{1575} \frac{B^3}{A^6} + \frac{2}{1575} \frac{B^4}{A^8}\right) \quad \text{etc.}
\end{aligned}$$

D'après ces relations, la connaissance des deux premiers coefficients est suffisante pour calculer tous les autres ; elle suffit donc aussi pour déterminer B et par suite α. Voilà pourquoi nous avons essayé de déterminer avec quelque précision au moins les deux premiers coefficients, a_2 et a_4, et cela de la manière suivante. Si pour les diverses valeurs de x du tableau précédent on calcule les valeurs du rapport $\frac{z}{x^2}$, on trouve les nombres de la troisième colonne de ce tableau ; or, d'après (2), ces valeurs doivent tendre vers a_2 lorsque $x = 0$; on trouve ainsi, avec une précision satisfaisante, $a_2 = 0{,}070$. Retranchant alors cette valeur de a_2 des valeurs de $\frac{z}{x^2}$ et divisant encore une fois par x^2, on trouve une nouvelle suite de nombres dont la limite, pour $x = 0$, doit être égale à a_4 ; et théoriquement on

---

(*) Voir aussi J.-C. Schalkwijk, *Thèse de doctorat*, Amsterdam, 1902, p. 59.

devrait, en continuant à appliquer le même procédé, pouvoir trouver les autres coefficients ; mais déjà pour a_1 le calcul devient illusoire, par suite de la précision insuffisante des lectures de z.

Nous avons alors essayé de faire l'étude graphique de la courbe méridienne, c'est-à-dire de déterminer graphiquement les rayons de courbure R_1 et R_2. Ce procédé a donné de bons résultats. On peut notamment tracer aisément la tangente à une courbe donnée et par conséquent construire la normale; sur cette normale on peut mesurer avec une précision assez grande le rayon de courbure R_2. D'autre part, l'enveloppe de toutes les normales, qui est le lieu géométrique des centres de courbure de la courbe méridienne, fait connaître ces centres de courbure par ses points de contact avec les normales, et par conséquent les rayons de courbure R_1. Nous avons représenté dans la figure 2 les tangentes aux points b, c, d, e, f, g, dont les ordonnées sont 1, 2, 3, 4, 5 et 6 centimètres, ainsi que les prolongements des normales symétriques; ces prolongements touchent leur enveloppe aux centres de courbure B′, C′, D′, E′, F′, G′.

La figure 2 nous a fourni ainsi les valeurs suivantes de R_1 et R_2 :

$z =$ 1	$R_1 =$ 7,9	$R_2 =$ 7,37
2	8,8	7,59
3	9,7	7,80
4	10,8	8,00
5	12,7	8,22
6	16.6	8,45
7	—	8,70
8	—	8,95
9	—	9.20
10	—	9,44
11	—	9,71
12	—	10,03
13	—	10,46
14	—	10,90
15	—	11,37

Ce sont évidemment les rayons R_2 qui sont déterminés le plus exactement. De $z = 1$ à $z = 5$ la variation de R_2 avec z est sensiblement linéaire. Par la méthode des moindres carrés, on trouve, entre ces limites :

$$R_2 = 7{,}163 + 0{,}211 z ; \tag{5}$$

avec une précision que ne permettait pas le premier mode de calcul, nous trouvons donc pour le rayon de courbure au sommet la valeur $R_0 = 7^{\text{cm}}16$.

Des valeurs ainsi trouvées pour les rayons nous déduisons les valeurs suivantes de la courbure de la surface (quatrième colonne) :

$z = 0$	$\frac{1}{R_1} = 0{,}1396$	$\frac{1}{R_2} = 0{,}1396$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0{,}2792$	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (calc.) $= 0{,}279$
1	0,127	0,136	0,263	0,263
2	0,114	0,132	0,246	0,247
3	0,103	0,128	0,231	0,230
4	0,093	0,125	0,218	0,214
5	0,079	0,122	0,201	0,198
6	0,060	0,118	0,178	0,182

D'après ce tableau, la courbure de la surface est, en effet, sensiblement une fonction linéaire de z et les coefficients A et B de la formule (1) seraient, pour la surface agrandie : $A = 0{,}2792$ et $B = 0{,}016$.

Mais le coefficient B peut être déterminé plus exactement. Les erreurs relativement grandes sur la courbure résultent évidemment du manque de précision de la mesure de R_1. Or, la mesure de R_2 est suffisante pour le calcul de B ; en effet, avec les notations que nous venons d'employer,

$$R_2 = \frac{x\sqrt{1 + z'^2}}{z'} = \frac{1 + 2a_2^2 x^2 + \cdots}{2a_2 + 4a_4 x^2 + \cdots} = \frac{1}{2a_2} + \frac{a_2^3 - a_4}{a_2^2} x^2 + \cdots$$

$$= \frac{1}{2a_2} + \left(1 - \frac{a_4}{a_2^3}\right) z + \cdots = \frac{2}{A} - \frac{B}{A^2} z + \cdots \tag{6}$$

Nous trouvons donc, d'après (5), $-\frac{B}{A^2} = 0{,}211$, d'où $B = -0{,}0164$.

Une vérification de la valeur de B est rendue possible par la circonstance que la courbe méridienne présente un point d'inflexion, c'est-à-dire un point où $R_1 = \infty$. Ce point I, que l'on peut marquer assez exactement sur la courbe, a pour coordonnées $x = 9{,}3$, $z = 10{,}8$ et la longueur de la normale $IK = R_2 = 9{,}65$, donc $\frac{1}{R_1} = 0{,}1036$; telle est aussi la valeur de la courbure au niveau $z = 10{,}8$. On a donc :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0{,}2792 - 0{,}0163z;$$

c'est au moyen de cette formule que les nombres de la cinquième colonne du précédent tableau ont été calculés; ils s'accordent bien, comme on voit, avec ceux de la quatrième.

Le diamètre extérieur du tube étant $3^{\text{cm}}30$ et mesurant $30^{\text{cm}}4$ sur l'agrandissement, le grossissement était 9,21. Il en résulte que l'équation de la surface capillaire en véritable grandeur est :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0{,}2792 \,.\, 9{,}21 - 0{,}0163 \,.\, \overline{9{,}21}^2 \,.\, z = 2{,}570 - 1{,}38z.$$

Le coefficient de z est égal à $-\frac{(\mu_1 - \mu_2)g}{\alpha}$; or μ_1, densité du mélange de benzène et de nitrobenzène employé, était 1,0405, et μ_2, densité de l'eau à 16°, est 0,9990, donc

$$\alpha = \frac{0{,}0415 \times 981}{1{,}38} = 29{,}6 \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2} \quad (*).$$

Connaissant les valeurs des coefficients A et B de l'équation (1), on peut, au moyen des relations (4), retrouver les

---

(*) M^lle L. Van der Noot (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1911, n° 6, pp. 493-503) ayant trouvé que les valeurs de α au contact de eau-benzène et de eau-nitrobenzène sont respectivement 21 et 23, on voit que pour des mélanges de benzène et de nitrobenzène en contact avec l'eau la valeur de α présente un maximum.

coefficients de la formule (2). Nous avons trouvé ainsi, pour la courbe méridienne agrandie :

$$z = 6{,}98.10^{-2}x^2 + 2{,}71.10^{-4}x^4 + 1{,}82.10^{-6}x^6 +$$
$$+ 1{,}45.10^{-8}x^8 + 1{,}18.10^{-10}x^{10} + \cdots$$

Au moyen de cette équation, nous avons recalculé les ordonnées de la courbe :

$x =$	$a_2x^2 =$	$a_4x^4 =$	$a_6x^6 =$	$a_8x^8 =$	$a_{10}x^{10} =$	$z =$
1	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
2	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
3	0,63	0,02	0,00	0,00	0,00	0,65
4	1,12	0,07	0,01	0,00	0,00	1,20
5	1,75	0,17	0,03	0,01	0,00	1,96
6	2,52	0,35	0,09	0,02	0,01	2,99
7	3,43	0,65	0,21	0,07	0,04	4,40
8	4,48	1,11	0,48	0,24	0,13	—
9	5,67	1,78	0,97	0,62	0,41	—
10	7,00	2,71	1,82	1,45	1,18	—

Les ordonnées ainsi calculées (dernière colonne) s'accordent bien avec les ordonnées lues sur la courbe (p. 194). Mais la série (2) n'est suffisamment convergente que jusqu'à $x=7$ environ; pour représenter la courbe plus loin, il faudrait un plus grand nombre de termes, et en particulier il semble qu'il en faille un grand nombre pour pouvoir aller au delà du point d'inflexion.

Il vient de paraître, dans le *Philosophical Magazine*, un travail (*) dans le même genre que le nôtre, où l'auteur, M. Ferguson, fait également des mesures sur des photographies agrandies de gouttes suspendues, pour en déduire la tension superficielle du liquide. En considérant la courbe méridienne, dans le voisinage du sommet de la goutte, comme une portion

---

(*) A. Ferguson, Photographic Measurements of Pendent Drops. (*Phil. Mag.*, mars 1912, p. 417.)

de parabole, il détermine le rayon de courbure au sommet, et comme son dispositif expérimental lui permet de mesurer la différence de niveau entre le sommet de la goutte et la surface libre plane du liquide, il calcule la tension superficielle, tout comme dans la méthode des ascensions ou dépressions capillaires.

En se servant de la même formule parabolique, M. Ferguson détermine aussi les rayons de courbure en d'autres points de la surface de la goutte et, tenant compte des ordonnées de ces points, il calcule de nouvelles valeurs de la tension superficielle, qu'il trouve être suffisamment concordantes avec la première. Il en conclut que la représentation d'une portion de la courbe méridienne par l'équation d'une parabole fait connaître assez exactement les rayons de courbure de la surface et pourra permettre de calculer la tension superficielle par des mesures faites sur la goutte seule, c'est-à-dire sans faire intervenir le niveau de la surface plane indéfinie.

En ceci M. Ferguson se fait certainement illusion. Évidemment, entre des limites restreintes la courbe méridienne peut être identifiée avec une parabole; cela revient à réduire le développement (2) à son premier terme, c'est-à-dire à considérer la parabole osculatrice au sommet. Mais cette approximation ne fait pas connaître la variation de la courbure de la surface, pas même au premier ordre près; cette variation dépend, déjà au premier ordre, non seulement du terme en x^2, mais encore du terme en x^4; des relations (4) on tire, en effet,

$$B = \frac{12a_4 - 16a_2^3}{a_2}.$$

Vouloir calculer la tension superficielle en supposant une forme parabolique de la courbe méridienne, reviendrait donc à poser arbitrairement $B = -16a_2^2 = A^2$, ce qui conduirait, dans le cas de l'eau, le liquide sur lequel M. Ferguson a expérimenté, à une valeur tout à fait inadmissible de la tension superficielle, 17 au lieu de 74.

J.-E. VERSCHAFFELT et CH. NICAISE, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nº 4, 1912.

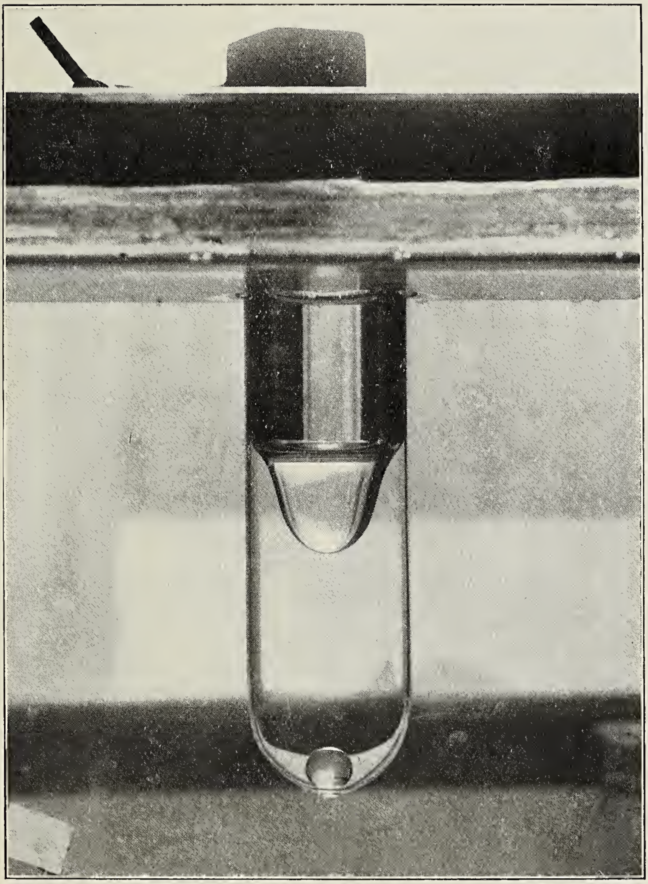


FIG. 1

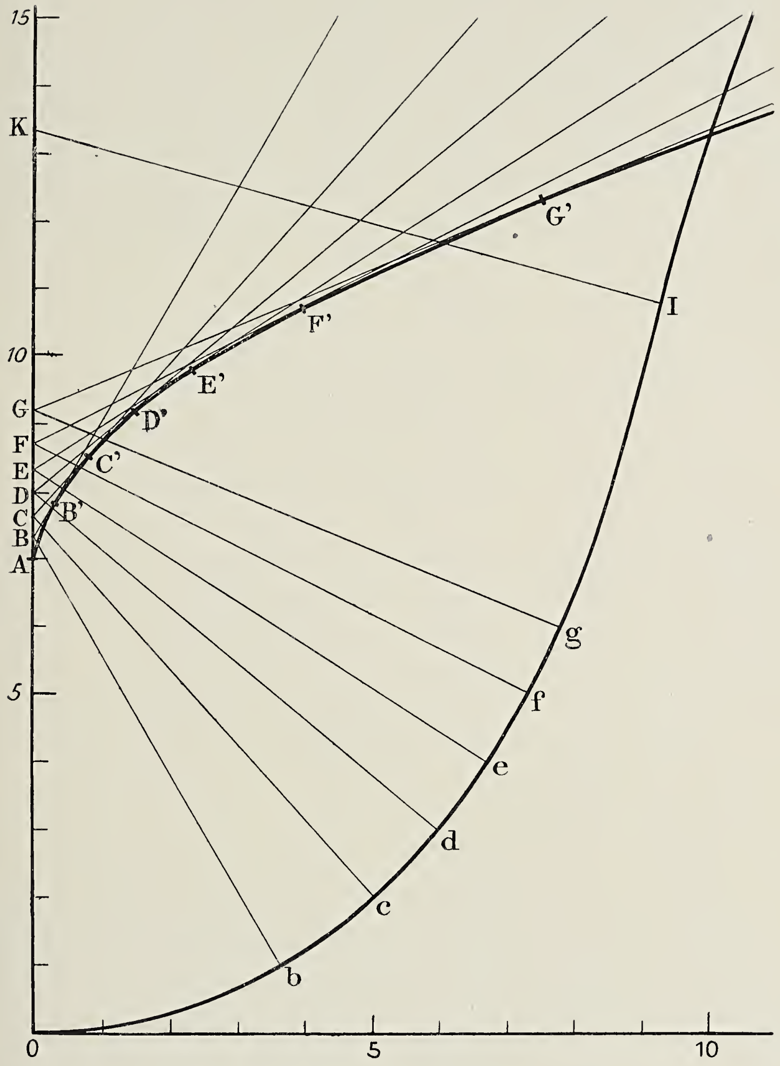

15
K
G'
I
F'
10
E'
G
D'
F
C'
E
D
B'
C
B
A
g
5
f
e
d
c
b
0
5
10

Fig. 2.

En introduisant un terme en x^4, comme il le fait encore dans la suite, M. Ferguson réalise évidemment un progrès; mais ce progrès est purement théorique, car nous pensons que si M. Ferguson voulait déduire la tension superficielle des coefficients a_2 et a_4, il n'aurait pas plus de succès que nous. Remarquez, d'ailleurs, qu'il trouve pour a_4 une valeur négative, alors que ce coefficient devrait être certainement positif; il y a donc dans ses mesures des erreurs qui rendent absolument illusoire le calcul de la tension superficielle de l'eau, en se servant uniquement des mesures faites sur la goutte.

CHIMIE. — Action de la lithine sur le carbonate de calcium (¹),

par W. OECHSNER DE CONINCK, associé de l'Académie.

I. $0^{gr}4587$ de CO^3Ca pur et récemment précipité sont placés dans une fiole conique, au contact d'une lessive de lithine ($d_{24^\circ} = 1,1005$). Une autre expérience a été faite avec une lessive de $d_{14} = 1,095$; le résultat final a été le même. Le tout a été chauffé sur un bain-marie à $+ 97^\circ$-98°; la fiole était agitée de temps à autre. La chauffe a duré trente-quatre heures.

Au bout de ce temps, on a prélevé un volume donné du liquide et on a filtré. Le filtratum bien limpide a été neutralisé par l'acide acétique concentré, étendu d'un demi-volume d'eau, puis traité par l'ammoniaque et un excès d'oxalate d'ammonium. Le lendemain, dépôt d'un précipité assez abondant. On a traité par HCl qui en a dissous la majeure partie. Après vingt-quatre heures, il s'était déposé de la silice en flocons blancs. J'ai alors filtré, et le filtratum a été neutralisé par la soude. Il s'est précipité de l'oxalate de calcium granuleux. Il y a donc eu attaque de CO^3Ca par la lithine.

(¹) Institut de chimie générale, Montpellier.

Le précipité a été recueilli sur un filtre, lavé jusqu'à réaction neutre, desséché à 100° et pesé. Son poids était de $0^{gr}0218$. Or le calcul montre que $0^{gr}4587$ de CO^3Ca renferment $0^{gr}2854$ de CaO. D'autre part, $0^{gr}0218$ de $C^2O^4Ca + H^2O$ renferment $0^{gr}00836$ de CaO.

On a donc pour le rapport de la chaux du carbonate à la chaux de l'oxalate :

$$\frac{0,2854}{0,00836} = 34,14.$$

De plus, si l'on calcule le pourcentage, on trouve

$$\frac{0,00836}{0,2854} = \frac{x}{100} = 2,93.$$

La chaux du carbonate de calcium a donc été déplacée dans la proportion de 2.93 °/₀.

II. La fiole renfermant la lithine et le carbonate de calcium a été conservée et placée à l'abri de la lumière solaire. Au bout de quarante-cinq jours, j'ai filtré un volume de la liqueur égal à celui qui avait été employé dans la première expérience. La liqueur filtrée a été neutralisée par l'acide acétique concentré, étendue d'un demi-volume d'eau distillée, puis traitée par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammonium. Au bout de dix-huit heures, on a traité par HCl; finalement, on a filtré pour séparer un précipité de silice, assez volumineux, et le filtratum clair a été neutralisé par la soude. Or *cette opération n'a donné naissance à aucun précipité, et après vingt-sept heures il ne s'était rien déposé.*

La réaction étudiée est donc entièrement réversible; et, chose digne de remarque, cette réversibilité n'est due ni à une élévation de température, ni à une concentration des liqueurs; elle est, simplement, fonction du temps.

Montpellier, ce 17 avril 1912.

PHYSIOLOGIE. — **La contraction alternante du myocarde et son électrogramme,**

par HENRI FREDERICQ.

Les physiologistes qui ont étudié la contraction cardiaque ont fréquemment rencontré, au cours de leurs expériences, le phénomène connu sous le nom de *contraction alternante*. Ce phénomène consiste dans une succession régulière de pulsations alternativement fortes et faibles. C'est principalement sur des cœurs isolés et nourris artificiellement (surtout dans les cas où les conditions d'alimentation de l'organe étaient altérées) qu'ont porté ces observations. On a décrit également de nombreuses alternances de cœurs *in situ* se produisant sous l'influence de divers poisons ou médicaments (antiarine, acide glyoxylique, digitale, etc.).

Weekers a observé le même phénomène dans les contractions provoquées dans un lambeau isolé du myocarde par une succession régulière d'excitants artificiels (chocs d'induction) d'intensité uniforme.

Les cliniciens ont, depuis Traube, étudié chez certains malades un symptôme connu sous le nom de pouls alternant, qui paraît bien identique à la contraction alternante des physiologistes.

Diverses explications de l'alternance du cœur ont été tentées dans ces dernières années.

D'après certains auteurs (Engelmann, Wenckebach, Hofmann, Mackensie), l'alternance consisterait dans un trouble périodique de la contractilité s'étendant avec une égale intensité à toutes les parties du myocarde ; les systoles faibles résulteraient simplement d'un affaiblissement de l'énergie de la contraction de chaque fibre musculaire cardiaque (hyposystolie généralisée).

D'autres auteurs (ce sont les plus nombreux) pensent au contraire que la différence d'amplitude des cardiogrammes des systoles fortes et de ceux des systoles faibles provient de ce que, lors de la systole faible, une partie plus ou moins étendue du myocarde resterait complètement inactive, tandis que la systole forte résulterait de la contraction simultanée de toutes les parties du muscle cardiaque.

H.-E. Hering, qui est le principal défenseur de cette manière de voir, n'a pas nettement localisé (comme l'ont fait Galli, Kuliabko, Langendorff et Lehmann) cette *asystolie* (¹) *partielle et périodique* dans une partie déterminée de la musculature du cœur. D'après Galli, il faudrait penser que c'est le système papillaire qui est atteint. Pour Kuliabko, Langendorff et Lehmann, il s'agit d'une *hémisystolie périodique*, c'est-à-dire d'une absence périodique de contraction du ventricule gauche. A chaque systole forte, les deux ventricules se contracteraient simultanément, tandis que, lors de la systole faible, le ventricule droit seul entrerait en activité.

Nous remarquerons que ces théories sont simplement *descriptives* du phénomène de l'alternance cardiaque, dont l'explication n'est jusqu'ici guère sortie du domaine de l'hypothèse pure.

TECHNIQUE.

J'ai recueilli simultanément le tracé mécanique et l'électrocardiogramme de la contraction alternante du cœur produite dans les conditions expérimentales suivantes :

A. — *Contractions spontanées* se produisant :

1° Sur des *cœurs isolés* de lapin nourris au moyen de liquide de Locke oxygéné, après suppression de l'arrivée du liquide nutritif ou après remplacement du liquide oxygéné par du liquide de Locke chargé de CO^2. Les cœurs de lapin étaient

---

(¹) Ce mot doit être pris dans le sens étroit de « absence absolue de toute contraction ».

extraits avec les précautions usuelles et montés sur l'appareil de circulation artificielle que j'ai décrit dans un travail antérieur (¹) ;

2° Sur des *cœurs de lapin extraits,* sans circulation artificielle. Le cœur était suspendu verticalement par les oreillettes, serrées dans une pince horizontale. Il peut continuer à battre spontanément pendant une quinzaine de minutes.

Pour l'*inscription du tracé mécanique,* le cœur suspendu à la canule ou fixé dans la pince agissait par l'intermédiaire d'un crochet et d'un fil sur une capsule à air reliée elle-même à un tambour à levier.

L'*inscription du tracé électrique* se faisait au moyen de deux électrodes d'Arsonval terminées par des mèches de coton imprégnées de solution physiologique (NaCl 0.9 °/₀) s'appliquant à la surface péricardique du muscle cardiaque. Les électrodes étaient reliées au galvanomètre à corde d'Einthoven (petit modèle, Edelmann, Munich). L'électrode inférieure (voisine de la pointe du ventricule) était reliée à l'extrémité inférieure du fil du galvanomètre. L'électrode supérieure (voisine de la base d'un ventricule) était reliée à l'extrémité supérieure du fil. Un courant ascendant parcourant le fil (électrode inférieure +) se traduit sur le tracé par une ondulation vers le bas (ondulation négative).

L'enregistrement se faisait sur papier photographique, enroulé sur le cylindre électrique de Blix, placé horizontalement dans une caisse obscure présentant une mince fente horizontale. L'ombre du fil, celle du style du tambour à levier et celle du style du signal Marcel Deprez marquant les 15$^{\text{mes}}$ de seconde, étaient, au moyen d'une source lumineuse puissante (arc électrique ou lanterne de Duboscq), projetées les unes à côté des autres, à travers la fente de la caisse obscure, et fournissaient

---

(¹) Henri Fredericq. Les influences qui modifient l'irrigation dans la paroi du cœur isolé des mammifères. (*Arch. int. Physiol.*, 1908, VI, 455-474, 4 fig.)

trois tracés s'enregistrant simultanément sur le papier sensible (¹).

B. — *Contractions provoquées* par des chocs d'induction (de rupture) agissant :

1° Sur des *cœurs de lapin extraits* et suspendus par les oreillettes dans la pince comme ci-dessus (A, 2°), après cessation des pulsations spontanées ;

2° Sur des *lambeaux* prismatiques isolés, de 5 à 8 centimètres de long sur 2 à 3 centimètres de large, découpés longitudinalement dans les parois latérales du *ventricule* gauche ou du ventricule droit du cœur du chien vivant. Le lambeau est suspendu verticalement par la partie supérieure voisine des valvules auriculo-ventriculaires. Les électrodes impolarisables sont appliquées à la surface péricardique non traumatisée, l'une en haut, l'autre en bas. Les pulsations spontanées du lambeau s'arrêtent rapidement. Mais le lambeau peut continuer à fournir pendant quinze à vingt minutes des contractions sous l'influence d'excitations électriques. Dans ces conditions, l'apparition de contractions alternativement faibles et fortes, malgré l'invariabilité de la force de l'excitant est non pas de règle, comme on pourrait le croire à la lecture du travail de Weekers, mais assez fréquente.

Les chocs d'induction de rupture (égaux) fournis par la bobine secondaire du chariot de Du Bois-Reymond (clefs actionnées à la main à intervalles rythmiques) étaient amenés au cœur ou au lambeau par deux électrodes métalliques à crochets terminaux piqués dans la substance musculaire, au voisinage de l'électrode supérieure d'Arsonval. Une partie du courant excitateur dérive dans le circuit du galvanomètre et marque le moment de l'excitation par un petit crochet brusque du tracé de la corde, marqué sur mes graphiques par la lettre *e*.

(¹) Pour les détails de la technique, voir : HENRI FREDERICQ, La simplification des myogrammes mécaniques et électriques du ventricule par alimentation défectueuse du cœur. (*Arch. int. Physiol.*, 1911-1912, XI, 243-252, 4 fig.)

C. — *Contractions spontanées* se produisant dans des *lambeaux* rectangulaires découpés rapidement dans la paroi antérolatérale de l'*oreillette* droite du chien, dans la partie présentant le maximum d'automatisme (région située immédiatement en avant de l'abouchement des deux veines caves). Le lambeau suspendu dans la pince comme (B, 2°) continue à battre spontanément pendant plusieurs minutes.

D. — *Contractions provoquées* par des chocs de rupture agissant sur des *lambeaux* découpés rapidement dans la paroi de l'oreillette gauche (ou droite, après cessation des contractions spontanées). Même technique que pour les lambeaux ventriculaires.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES.

A. — *Contractions spontanées* se produisant : 1° sur des *cœurs isolés de lapin, nourris au moyen de liquide de Locke oxygéné, après suppression de l'arrivée du liquide nutritif ou après remplacement du liquide oxygéné par du liquide de Locke chargé de* CO^2; 2° *sur des cœurs de lapin extraits, sans circulation artificielle.*

J'ai signalé dans un travail précédent les changements progressifs qui se produisent tant dans le tracé mécanique que dans le tracé électrique du cœur soumis à ces conditions défavorables de nutrition. On observe ordinairement une simplification graduelle de ces deux ordres de tracés. Le graphique mécanique à plateau plus ou moins ondulé, associé à un graphique électrique polyphasique que j'ai considéré comme l'expression d'une *contracture* du muscle cardiaque, fait place à un graphique mécanique de *secousse simple*, associé à un graphique électrique, également simplifié, *monophasique* ou *diphasique*.

Les cœurs de lapin soumis à une circulation artificielle de liquide de Locke dont on interrompt le renouvellement, présentent souvent cette phase de simplification, sans que le phénomène de l'alternance se produise. Dans d'autres cas, l'alternance s'établit nettement à un moment quelconque de l'agonie du cœur, généralement avant le stade de simplification, qui peut d'ailleurs manquer complètement. L'alternance est encore plus fréquente, mais non constante comme le dit Derouaux, sur les cœurs nourris au moyen de liquide de Locke chargé de CO^2. On emploie dans ce cas deux réservoirs, l'un rempli de liquide de Locke oxygéné, l'autre rempli du même liquide chargé de CO^2; un système de tubes bifurqués et de robinets permet d'amener à volonté tel ou tel liquide au cœur.

Les cœurs extraits et conservés sans circulation artificielle se comportent d'une façon analogue.

A l'état normal, l'électrocardiogramme ventriculaire recueilli à la surface des ventricules montre fréquemment la forme considérée comme typique par Einthoven pour les électrocardiogrammes recueillis chez l'homme ou les animaux par des électrodes appliquées loin du cœur à la surface de la peau. Mais parfois aussi l'électrocardiogramme fourni par les électrodes appliquées directement sur les ventricules s'éloigne de cette forme classique Q. R. S. T.; les variations de cet électrocardiogramme ne présenteront d'intérêt que le jour où leur signification et celle du tracé Q. R. S. T. sera élucidée. Aussi ne m'y arrêterai-je pas. Je me borne à attirer l'attention sur les différences que présentent les électrocardiogrammes du pouls alternant ventriculaire, suivant qu'ils correspondent à la systole forte ou à la systole faible.

L'électrogramme peut avoir même durée et même allure, mais présenter une amplitude différente suivant qu'il s'agit de la pulsation forte ou de la pulsation faible. Le plus souvent la différence d'amplitude n'affecte que la dernière portion de l'électrocardiogramme (ondulation T de Einthoven). L'alternance électrique peut être concordante ou discordante avec l'alternance mécanique (¹). J'appelle *alternance discordante* celle où la courbe

---

(¹) J'ai déjà signalé ce fait en 1909. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, déc. 1909, 1157-1159.)

électrique à forte déviation correspond à la systole mécanique la plus faible. Une alternance concordante pendant une partie de l'expérience peut devenir discordante dans un stade ultérieur.

L'alternance de l'électrocardiogramme peut, outre l'*amplitude,* affecter sa *forme* ou sa *durée.* La systole mécanique faible est le plus souvent celle dont le tracé électrique est le plus long et le plus compliqué, c'est-à-dire celui où les inflexions de la courbe vers le haut ou vers le bas sont les plus nombreuses.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 montrent quelques exemples de ces différentes variétés d'alternance.

B. — *Contractions provoquées* par des chocs d'induction (de rupture) agissant : 1° sur des *cœurs isolés de lapin après cessation des pulsations spontanées ;* 2° sur des *lambeaux prismatiques découpés dans la paroi des ventricules du cœur du chien.*

Ces phénomènes n'avaient pas encore été étudiés au point de vue électrophysiologique. Weekers s'était borné à l'observation des phénomènes mécaniques des pulsations alternantes dues à des séries d'excitations espacées dans le cas de lambeaux découpés dans le myocarde.

Je me suis principalement attaché à l'étude de l'électrogramme de cette alternance des lambeaux isolés du ventricule. Les chocs de rupture isolés, destinés à provoquer leur contraction, se succédaient toutes les une, deux, cinq, etc., secondes. J'ai observé l'alternance dans au moins la moitié des cas (32 fois sur 62 expériences). Cette alternance portait six fois sur les phénomènes mécaniques de la contraction, sans qu'on pût observer d'alternance électrique.

Dans aucun cas je n'ai observé une alternance de forme, d'amplitude ou de durée des électrocardiogrammes sans que les tracés ne montrent en même temps une alternance mécanique. Dans vingt-six cas, le même lambeau musculaire a donné soit simultanément, soit successivement une alternance mécanique et une alternance électrique des tracés. Dans six cas, cette alternance était concordante; dans dix cas, elle était discordante. Dans dix autres cas, elle a été successivement concordante et discordante (voir ci-dessous).

La forme de l'électrocardiogramme de ces lambeaux diffère parfois assez sensiblement du tracé type généralement admis en physiologie depuis les travaux d'Einthoven. On n'y retrouve pas toujours les deux ondulations principales R et T, dont on a pu trouver des exemples dans les tracés que j'ai examinés précédemment. Les cas sont fréquents cependant où la forme type se révèle plus ou moins modifiée.

Dans la courte statistique que l'on vient de lire, les termes « alternance discordante, alternance concordante » s'appliquent uniquement à l'*amplitude* des tracés mécaniques et électriques.

Comme nous l'avons déjà vu pour les cœurs entiers, les différences entre les électrogrammes des secousses fortes et faibles peuvent en outre porter sur la *durée* de la période des oscillations de la corde et sur le *nombre* ou la *forme* des oscillations.

La figure 9 montre un tracé d'alternance concordante en amplitude, mais où les contractions mécaniques faibles (dont l'électrogramme est le moins ample) présentent en même temps le tracé le plus compliqué et le plus long. Dans ce cas, l'alternance qui est concordante en amplitude peut être appelée discordante en durée et en complication.

Il n'est d'ailleurs pas rare de voir différer notablement la forme des tracés électriques des contractions alternativement fortes et faibles. On trouvera à la figure 10 un exemple de cette alternance de forme, qui semble traduire *une différence dans la nature des contractions fortes et faibles.*

H.-E. Hering et ses élèves considèrent les contractions faibles et les contractions fortes comme des contractions normales, car, d'après eux, elles présenteraient toutes deux un électrocardiogramme dont le nombre des oscillations est le même, la seule différence résidant dans l'amplitude plus ou moins grande de ces oscillations ou dans leur direction. L'observation que je fais à propos de mes tracés est en opposition avec cette manière de voir.

J'ai montré dans un travail antérieur (¹) que des lambeaux musculaires, tels que ceux dont j'étudie aujourd'hui la contraction alternante, fournissent fréquemment, dans les cas d'inanition avancée, des tracés mécaniques et électriques « simplifiés » : la courbe de la contraction mécanique, qui primitivement affectait la forme d'un plateau systolique, se transforme en une courbe à sommet unique arrondi ; l'électrogramme compliqué et polyphasique, au début, se transforme en un tracé diphasique ou même monophasique. En un mot, la systole — qui, à l'état normal, est une véritable *contracture musculaire* — prend tous les caractères d'une secousse musculaire élémentaire (²).

L'alternance de l'électrocardiogramme peut s'observer à ce stade de « simplification » aussi longtemps, bien entendu, que l'état de la nutrition du myocarde lui permet encore de réagir d'une façon normale à l'excitation électrique.

Dans la figure 11, on trouvera un exemple de contracture alternant avec une secousse musculaire simple. Les tracés électriques de contracture qui sont polyphasiques (deux ondulations négatives, une ondulation positive faible) correspondent aux contractions mécaniques faibles. Les tracés de secousse simple, qui sont diphasiques (une ondulation négative suivie d'une ondulation positive), correspondent aux contractions mécaniques fortes. C'est un nouvel exemple qui montre que la nature des systoles fortes peut, dans le cas d'alternance cardiaque, différer beaucoup de celle des systoles faibles.

Au point de vue de la *durée* des contractions fortes et faibles, on remarquera que les tracés électriques des contractions mécaniques faibles sont en général les plus longs, tandis que fréquemment leur tracé mécanique dure moins longtemps que celui des contractions fortes.

(¹) Henri Fredericq, La simplification des myogrammes mécaniques et électriques du ventricule par alimentation défectueuse du cœur. (*Arch. int. Physiol.*, 1911, XI, 243-252, 4 fig.)

(²) Henri Fredericq. Sur la nature de la systole ventriculaire. (*Arch. int. Physiol.*, 1911-1912, XI, 253-264, 3 fig.)

Le phénomène de l'alternance se montre sur les lambeaux de ventricule quelles que soient leurs dimensions. Il est facile de constater de visu que la contraction envahit la totalité du tissu musculaire du lambeau tant à la contraction faible qu'à la contraction forte. C'est la condamnation formelle de la théorie de l'asystolie partielle périodique et à plus forte raison de l'hémisystolie partielle et périodique.

C. — *Alternance des contractions spontanées de lambeaux isolés de l'oreillette droite, découpés dans la paroi s'étendant entre les orifices des deux veines caves.*

Sur dix-huit expériences, je n'ai eu que deux fois l'occasion d'observer l'alternance des contractions spontanées.

Sur un troisième lambeau découpé dans l'oreillette gauche, on obtint l'alternance des pulsations provoquées par des chocs d'induction.

Occupons-nous des deux premiers cas.

Les contractions de ces deux lambeaux étaient si faibles qu'elles n'ont pas influencé la courbe mécanique des graphiques que j'ai recueillis.

Au point de vue électrophysiologique, l'alternance consistait, dans l'un des cas, dans ce fait qu'un électrogramme monophasique alternait régulièrement avec un électrogramme diphasique; dans l'autre cas, un électrogramme polyphasique (contracture) alternait régulièrement avec un électrogramme monophasique (secousse simple). La figure 12, recueillie au cours de cette dernière expérience, doit, sous ce rapport, être comparée à la figure 11 qui montre une alternance analogue d'un lambeau ventriculaire.

Comme on le voit, l'existence d'une contraction alternante des oreillettes ne peut plus être mise en doute. Mais cette contraction alternante s'observe plus rarement qu'au niveau des ventricules. Les lambeaux ventriculaires nous donnaient plus de 50 °/₀ de contraction alternante. Les lambeaux découpés dans les parois de l'oreillette ne nous en fournissent que trois cas sur dix-huit observations.

Le seul cas d'alternance que j'ai constaté dans les contractions provoquées d'un lambeau de l'oreillette gauche (avec auricule adhérente) montrait une concordance nette entre l'amplitude des tracés mécanique et électrique. L'alternance du tracé mécanique était très apparente.

L'existence même d'une alternance au niveau des oreillettes avait été fréquemment mise en doute par les physiologistes et les cliniciens. Elle avait été niée notamment par H.-E. Hering et ses élèves, qui attribuaient à une propagation de l'alternance carotidienne les tracés de pouls veineux jugulaire alternant publiés par différents auteurs. Mes expériences établissent nettement l'existence d'une contraction alternante des oreillettes, plus rare il est vrai que l'alternance ventriculaire. Elles constituent de plus un argument sans réplique à opposer aux physiologistes qui tentent d'expliquer la contraction alternante du cœur au moyen de la notion de l'asystolie partielle absolue et périodique, ou de l'hémisystolie périodique.

Résumé.

1. La contraction alternante de lambeaux de dimensions restreintes, découpés dans les parois du cœur, ne cadre pas avec l'idée d'après laquelle l'alternance cardiaque serait due à une asystolie partielle et périodique du myocarde (H.-E. Hering) ou à une hémisystolie périodique (Kuliabko, Langendorff, Lehmann).

2. L'existence d'une alternance au niveau des oreillettes est prouvée par l'étude des contractions spontanées ou provoquées de lambeaux découpés dans les parois auriculaires.

3. L'électrocardiogramme des lambeaux découpés dans les ventricules ou dans les oreillettes, de même que celui des cœurs isolés de lapin (avec ou sans circulation artificielle), peut montrer une différence très nette dans la forme des tracés de systole forte ou de systole faible (contracture par exemple dans un cas, secousse simple dans l'autre). Ce fait, contraire aux observations de Hering et de ses élèves, semble indiquer que la nature de la

systole forte n'est pas toujours identique à celle de la systole faible.

4. Les différences entre les électrocardiogrammes des systoles fortes et des systoles faibles peuvent porter en outre sur la durée du tracé (généralement la systole faible a le tracé électrique le plus long) ou sur l'amplitude des oscillations. A ce dernier point de vue, on peut souvent observer successivement sur la même préparation musculaire une alternance « concordante » ou une alternance « discordante ».

(Institut de Physiologie, Liége.)

BIBLIOGRAPHIE.

L Traube, Ein Fall von Pulsus bigeminus nebst Bemerkungen über die Leberschwellungen bei Klappenfehlern und über acute Leberatrophie. (*Berliner klin. Wochenschr.*, 1872, pp. 185-188 et 221-224, 1 fig.)

W. H. Gaskell, On the rythm of the heart of the frog, and on the nature of the action of the vagus nerve. (*Philosoph. Trans.* R. S., 1882, CLXXIII, pp. 993-1033, pp. 1017 et 1018, 5 pl.)

Léon Fredericq, La pulsation du cœur chez le chien. (*Trav. Lab. Liége,* 1887-1888, II, p. 104.)

— Sur la forme de la contraction du muscle ventriculaire. (*Arch. int. Physiol.*, 1905-1906, III, pp. 385-395, 20 fig.)

A. R. Cushny, On the action of substances of the digitalis series on the circulation in mammals. (*Journ. exper. med.*, 1897, II, pp. 233-299.) (Cité d'après Lewis.)

— The irregularities of the mammalian heart observed under aconitine and under electrical stimulation. (*Heart*, 1909-1910, I, pp. 1-22.) (Cité d'après Lewis.)

W. Straub, Ueber die Wirkung des Antiarins am ausgeschnittenen suspendirten Froschherzen. (*Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak.*, 1901, XLV, pp. 346-379, 10 fig.)

F. B. Hofmann, Ueber die Aenderungen des Contractions Ablaufes am Ventrikel und Vorhofe des Froschherzens. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1901, LXXXIV, pp. 130-172, 1 fig., 2 pl., voir pp. 145 et 146.)

A. Kuliabko, *Bulletin de la Société russe d'hygiène publique*, 12 novembre 1901 pp. 2078-2079. (En russe.)

— Studien über die Wiederbelebung des Herzens. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1902, XC, pp. 461-471, 1 pl.)

K. F. Wenckebach, Zur Analyse des unregelmässigen Pulses. IV. Ueber den Pulsus alternans. (*Zeitschr. f. klin. Med*, 1902, XLIV, pp. 218-226, 4 fig.)

— Die Arythmie als Ausdruck bestimmten Funktionsstörungen des Herzens. Leipzig, 1903. (Cité d'après Lewis.)

— Les irrégularités du cœur. (*Arch. maladies du cœur, etc.*, 1908, I, pp. 65-84, 14 fig., voir pp. 77 et 78, fig. 12.)

J. Derouaux, Tracé myographique du cœur du lapin isolé, nourri au moyen du liquide de Locke. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1903, pp. 470-483, 19 fig.)

Léo Weekers, Propriétés du muscle cardiaque isolé du chien. (*Arch. int. Physiol.*, IV, 1906, pp. 76-86, 14 fig.)

O. Langendorff et C. Lehmann, Der Versuch von Stannius am Warmblüterherzen. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1906, CXII, pp. 352-360, 9 fig.)

J. Rihl, Ueber Herzalternans beim Menschen. (*Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Ther.*, 1906, III, pp. 274-295, 1 pl.)

— Ueber alternirende und nicht alternirende Grössenschwankungen des Carotispulses und der Kammerkontraktion. (*Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Ther.*, 1912, X, pp. 8-13.)

— Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten des Venenpulses bei Herzalternans. (*Zeitschr. f. exp Pathol. u. Ther.*, 1912, X, pp. 317-329.)

O. Adler, Wirkung der Glyoxylsäure auf den Tierkörper. (*Arch. f exper. Pathol. u. Pharmak.*, 1907, LVI, pp 207-235.)

E. Starkenstein, Ueber experimentell erzeugten Pulsus alternans. (*Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Ther.*, 1907, IV, pp. 681-692, 1 pl.)

D. von Tabora, Ueber Herzalternans und seine Beziehungen zur kontinuirlichen Herzbigeminie. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1908 (I), pp. 718-721, 3 fig., et 1908 (II), pp. 2125-2127, 3 fig.)

L. J. J. Muskens, Genesis of the alternating pulse. (*Journ. of Physiol.*, 1907-1908, XXXVI, pp. 104-112.)

James Mackensie, Les maladies du cœur. Trad. Françon, d'après la seconde édition anglaise. Alcan, Paris, 1911, pp. 258 et suiv.

H. E. Hering, Ueber den Pulsus pseudoalternans. (*Prager med. Wochenschr.*, 1902, XXVII, pp. 217-219 et 235-237.)

— *Prager med. Wochenschr.*, 1904, XXIX.

— Ueber zeitweilige partielle Hyposystolie der Kammern des Säugethierherzens. (*Deutsch. med. Wochenschr.*, 1908 (I), pp. 638-641.)

— Das Wesen des Herzalternans. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1908, pp. 1417-1421, 5 fig.)

— Ueber Herzalternans. (*XXV. Kongress f. inn. Med.* Wien, 1908. C. R. dans *Münch. med. Wochenschr.*, 1908, p. 931.)

H. E. Hering, Ueber das Elektrokardiogramm. (*XXVI. Kongress f. inn. Med.* Wiesbaden, 1909. — C. R. dans *Münch. med. Wochenschr.*, 1909, p. 1094.)

— Ueber die alternirende Mitralinsuffizienz und das Wesen des Herzalternans. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1909, pp. 561-566.)

— Experimentelle Studien an Säugethieren über das Elektrokardiogramm. (*Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Ther.*, 1909, VII, p. 363, 6 pl.)

— Ueber ungleichsinnige Betheiligung der Kammern des Säugethierherzens beim Kammeralternans. (*Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Ther.*, 1912, X, pp. 1-5.)

— Ueber Verstärkung des Alternans der automatisch schlagenden Kammern durch Vagusreizung. (*Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Ther.*, 1912, X, pp. 6-7.)

— Die Erklärung des Herzalternans und seine Beziehung zu den intrakardialen Herznerven. (*Zeitschr. f. exp. Pathol. u. Ther.*, 1912, X, pp. 14-27.)

Hornung, Beitrag zur Lehre vom Pulsus alternans. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1906, pp. 1955-1956.)

G Galli, Pulsus alternans mit partieller alternirende Herzthätigkeit. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1906, pp. 1956-1957, 5 fig.)

— Das Wesen des Herzalternans. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1909, pp. 563-565, 5 fig)

Henri Fredericq, L'électrogramme de la secousse provoquée dans le muscle cardiaque isolé du chien (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1909, n° 12, pp. 1157-1159, 1 fig.)

R. H. Kahn und E. Starkenstein, Die Störungen der Herzthätigkeit durch Glyoxylsäure im Elektrokardiogramm. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1910, CXXXIII, pp. 579-596, 2 pl.)

F. Kraus und G. Nicolai, Das Elektrokardiogramm des gesunden und kranken Menschen, p. 290. Veit und Co, Leipzig, 1910.

J. Strasburger, Beobachtungen bei Pulsus alternans. (*Deutsch. Arch. f. klin. Med.*, 1910, C, pp. 611-630.)

Th. Lewis, Notes upon alternation of the heart. (*Quart. Journ. of Med.*, 1910-1911, IV, pp. 141-144.)

— The mechanism of the heart beat, p. 271. Shaws and sons, London, 1911.

P. Spiess und E. Magnus Alsleben, Ueber den Herzalternans. (*Zeitschr. f. exper. Pathol.*, IX, 1911, pp. 2-10, 1 pl.)

H. Vaquez, Les arythmies, p. 341. Baillière, Paris, 1911.

— Sur la signification de l'électrocardiogramme. (*C. R. Soc. Biol.*, 1911, LXX, pp. 28-30.)

G. Joachim, Das Elektrokardiogramm des Pulsus alternans beim Menschen. (*Münch. med. Wochenschr.*, 1911, pp. 1950-1952.)

Kahn, Studien am Phonokardiogramm. (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1911, CXL, p. 471.)

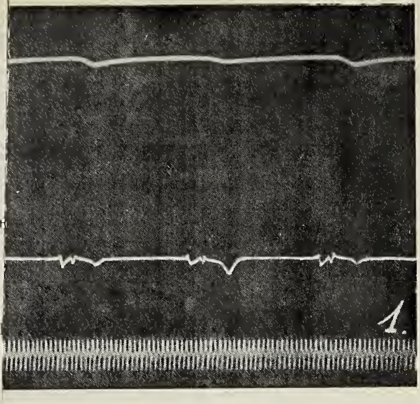
M

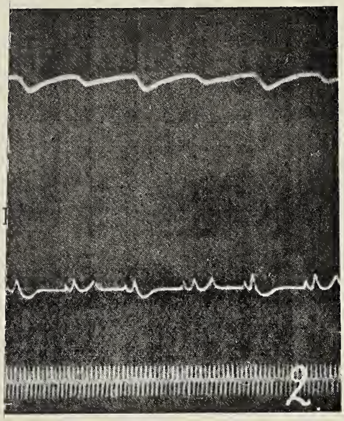
E

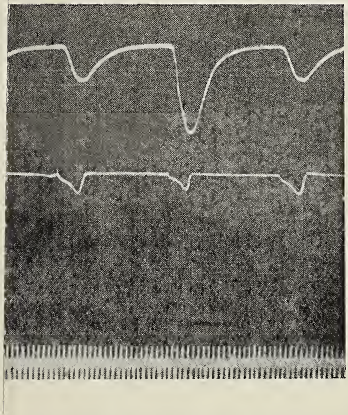
T

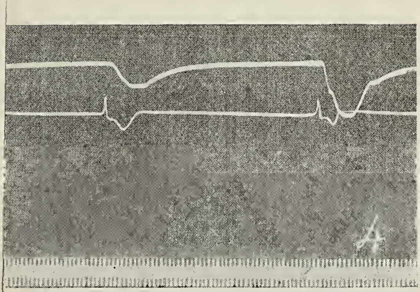
e

F









EXPLICATION DES FIGURES.

M = Tracé de la contraction cardiaque enregistré mécaniquement.
E = Électrocardiogramme.
Temps en quinzièmes de seconde.
e = Moment de l'excitation.

Fig. 1. — Cœur isolé de lapin. Électrodes sur le ventricule droit. La circulation artificielle de liquide de Locke oxygéné est arrêtée. Alternance discordante en amplitude des tracés mécanique et électrique.

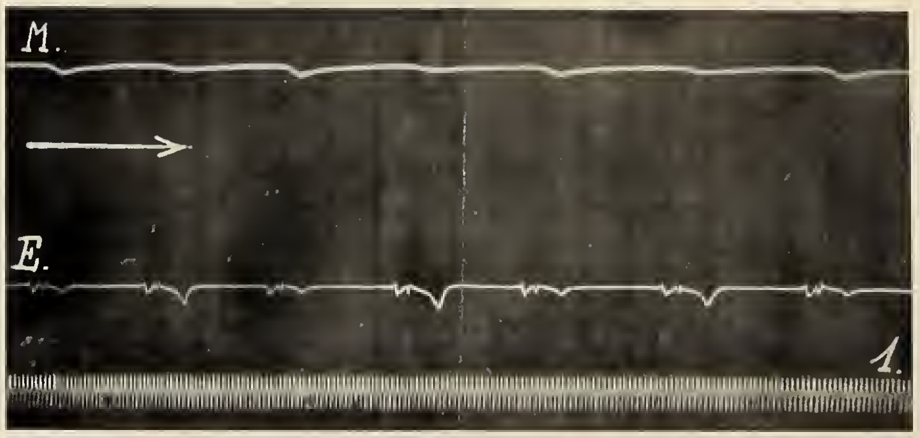


Fig. 2. — Le même cœur, pendant un second arrêt de la circulation artificielle. Direction différente de la dernière ondulation des électrocardiogrammes des systoles mécaniques fortes et faibles.

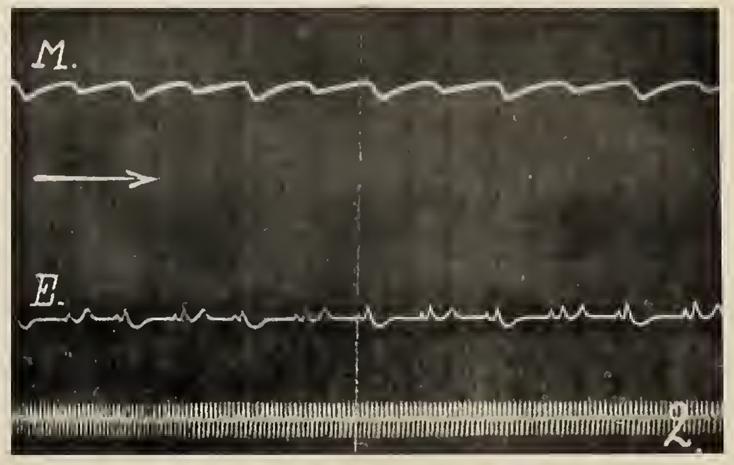


Fig. 3. — Cœur isolé de lapin, sans circulation artificielle. Battements spontanés. Électrodes sur le ventricule gauche. Alternance discordante (en amplitude).

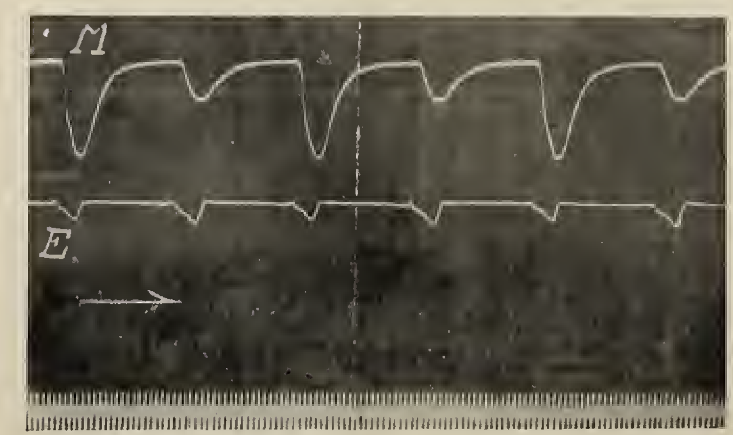
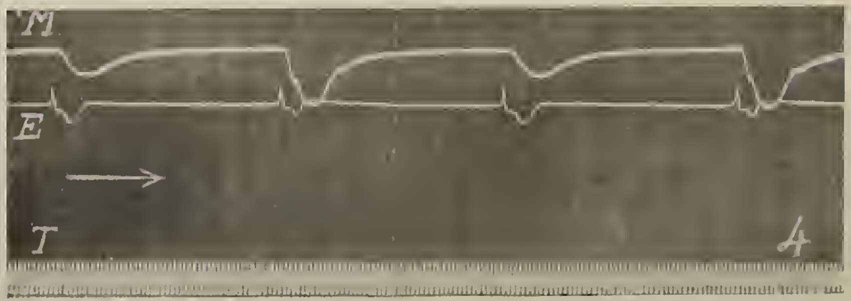


Fig. 4. — Le même cœur. Électrodes sur le ventricule droit. Alternance discordante (amplitude). La petite systole mécanique possède l'électrocardiogramme le plus long.



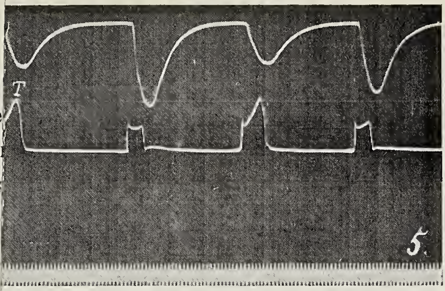


FIG. 5. — Cœur isolé de
Électrodes sur le vent
lation T). La petite sys

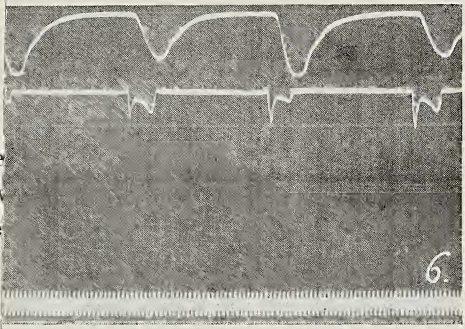


FIG. 6. — Cœur isolé de
Électrodes sur le
l'ondulation T). La pe

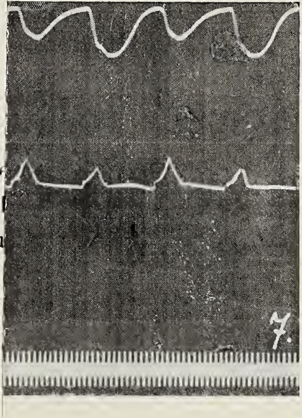


FIG. 7. — Cœur isolé d
lation de liquide de
de CO^2. Électrodes su

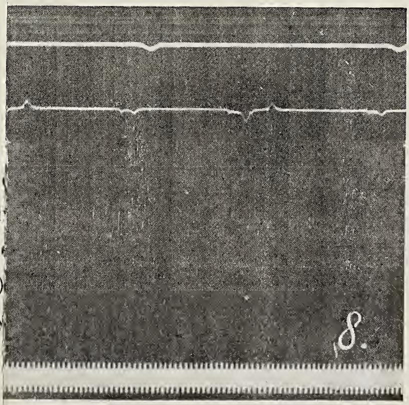


FIG. 8 — Cœur isolé
liquide de Locke c
s'inscrire mécaniqu
ondulation négative)
celui des grandes sy

Fig. 5. — Cœur isolé de lapin, sans circulation artificielle; battements spontanés. Électrodes sur le ventricule gauche. Alternance discordante (amplitude de l'ondulation T). La petite systole mécanique a l'électrocardiogramme le plus long.

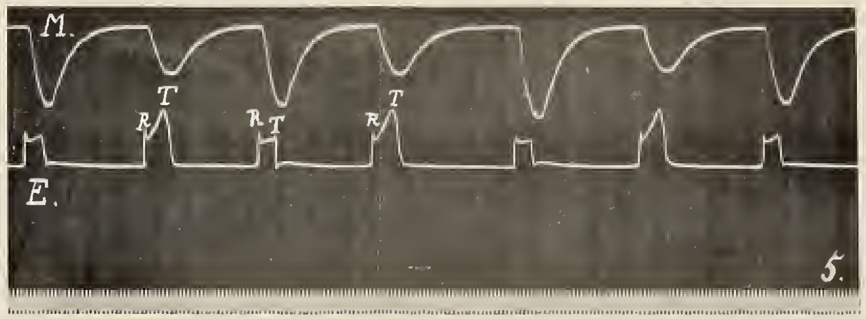


Fig. 6. — Cœur isolé de lapin, sans circulation artificielle. Battements spontanés. Électrodes sur le ventricule gauche. Alternance discordante (amplitude de l'ondulation T). La petite systole mécanique a l'électrogramme le plus long.

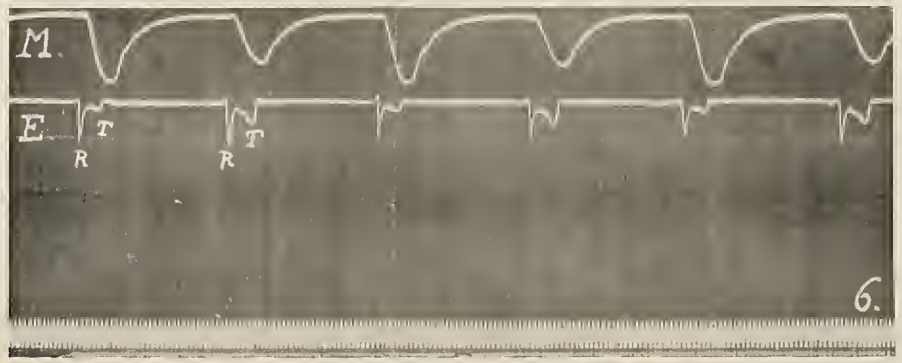


Fig. 7. — Cœur isolé de lapin. Battements spontanés. Rétablissement de la circulation de liquide de Locke ogygéné après le passage de liquide de Locke chargé de CO^2. Électrodes sur le ventricule gauche. Alternance discordante.

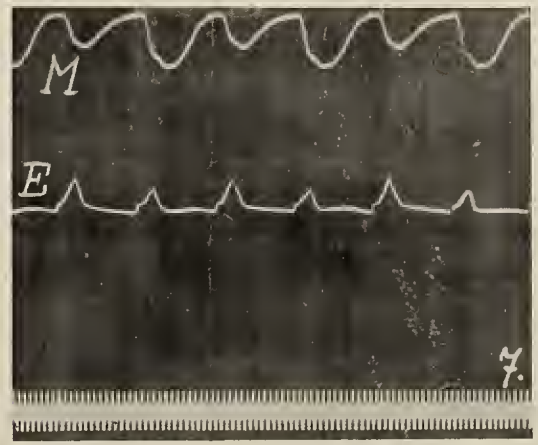
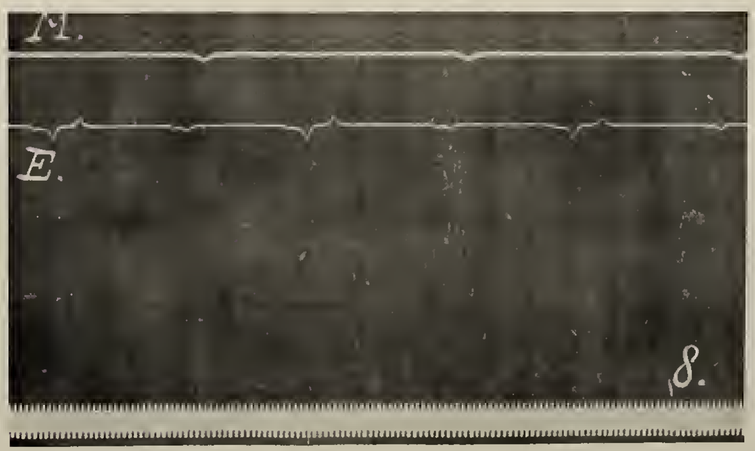
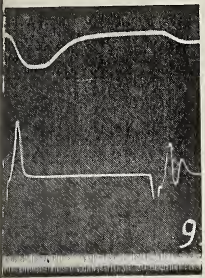
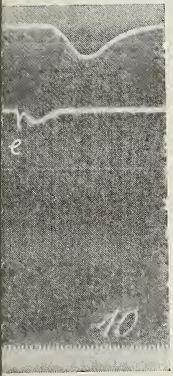


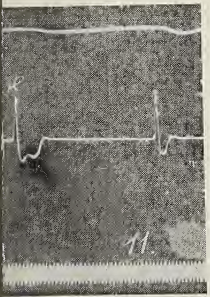
Fig. 8 — Cœur isolé de lapin. Battements spontanés. Circulation artificielle de liquide de Locke chargé de CO^2. Les petites systoles sont trop faibles pour s'inscrire mécaniquement. Leur électrocardiogramme est plus ample (seconde ondulation négative), plus long, et présente une ondulation (positive) de plus que celui des grandes systoles.




9.



10.



11.

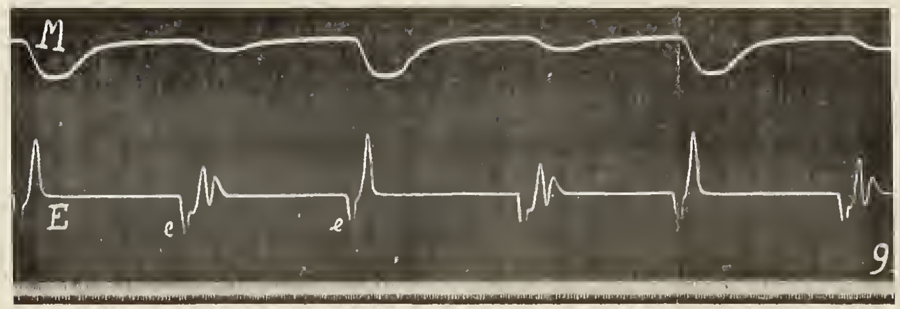


Fig. 9. – Chien de 4 kilogrammes. Lambeau du ventricule gauche. Contractions provoquées. Alternance concordante en amplitude. Les petites systoles ont un électrocardiogramme plus long que les grandes et comptant une double ondulation (négative et positive) de plus.

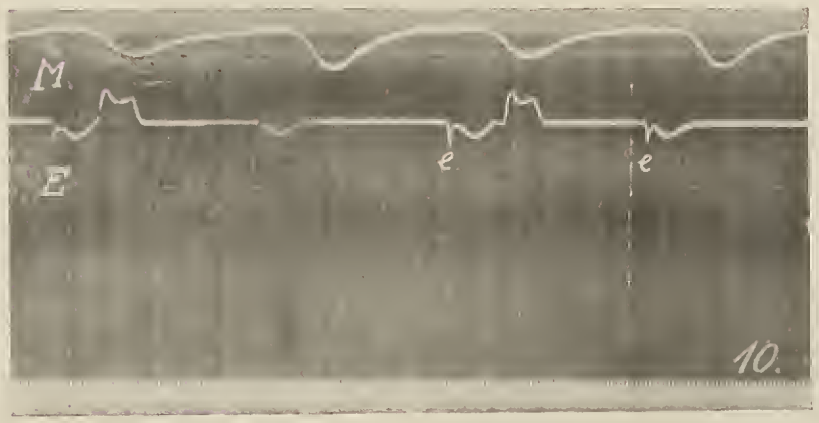


Fig. 10. — Chien de 32 kilogrammes. Lambeau du ventricule gauche. Contractions provoquées. Alternance de forme, de complication et de durée de l'électrocardiogramme.

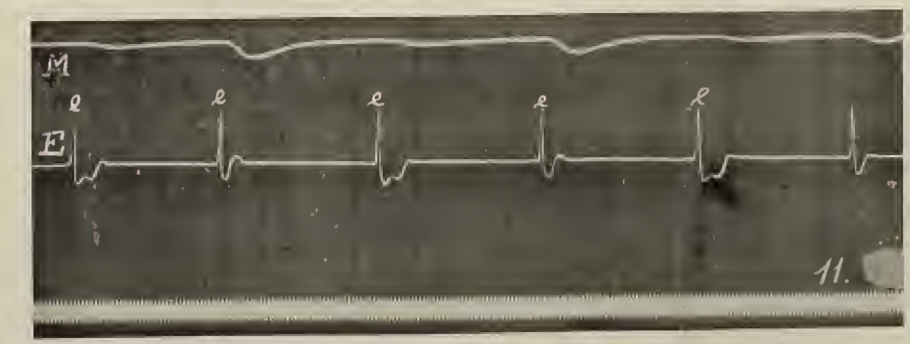
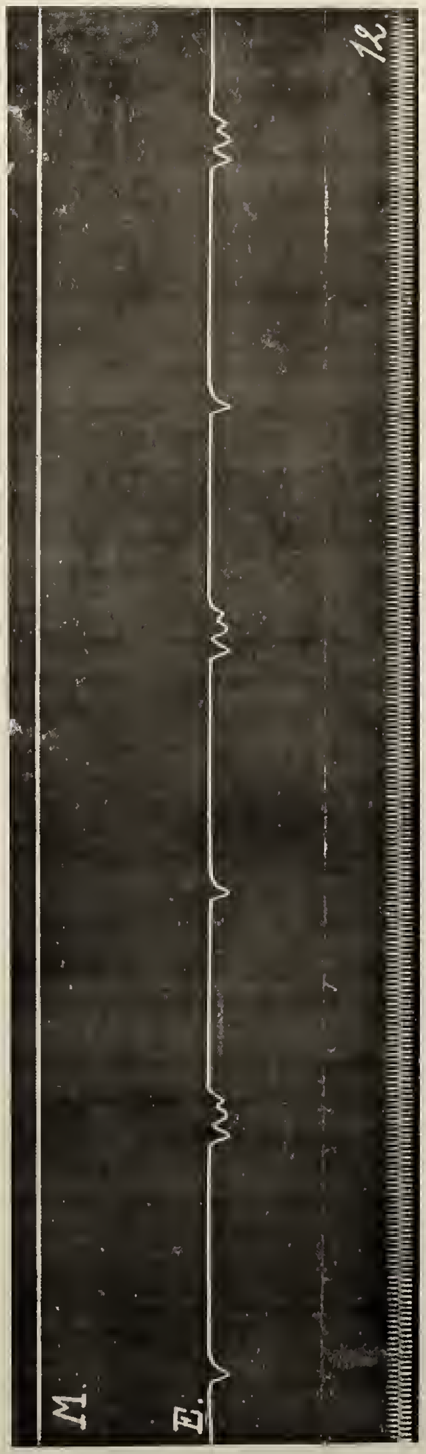


Fig. 11. – Chien de 8 $1/2$ kilogrammes. Lambeau du ventricule droit. Contractions provoquées. Alternance de secousse simple (systole mécanique forte) et de contracture (systole mécanique faible).

12

Fig. 12. — Chien de 19 kilogrammes. Lambeau de l'oreillette droite. Contractions spontanées. Les contractions, à peine perceptibles à la vue, sont trop peu énergiques pour s'inscrire mécaniquement. Alternance électrique de secousse simple et de contracture (tracé polyphasique).



Météorologie. — Cirro-Cumulus et Alto-Cumulus,

par J. VINCENT

La classification des nuages de L. Howard comprenait sept termes, savoir : *cirrus*, *cumulus*, *stratus*, *cirro-cumulus*, *cirro-stratus*, *cumulo-stratus* et *cumulo-cirro-stratus* ou *nimbus*. Les trois premiers ont gardé, dans la classification moderne, le sens que leur attribuait L. Howard. Le *cirro-cumulus* désignait tous les nuages donnant au ciel un aspect moutonné ou pommelé. Le *cirro-stratus* typique du météorologiste anglais est un nuage non moutonné, mais allié à son *cirro-cumulus* ; il n'a plus de place dans la nomenclature moderne, quoiqu'il soit fréquent ; dans la même espèce se rangeait encore le *cirro-stratus* moderne (voile cirreux) et l'*alto-stratus*. Le *cumulo-stratus* était le *cumulo-nimbus* moderne. Enfin, le *cumulo-cirro-stratus*, ou *nimbus*, était un *cumulo-nimbus* versant de la pluie, un nuage d'orage, ou un *nimbus* surmonté de l'*alto-stratus* et du *cirro-stratus*, auxquels il s'unit, d'après L. Howard.

La nomenclature moderne, qui comprend dix termes, diffère de celle de L. Howard par le démembrement du *cirro-cumulus*, qui a été partagé en *cirro-cumulus* (petits moutons) et en *alto-cumulus* (gros moutons); par l'introduction de l'*alto-stratus*, qui n'était, du reste, pas inconnu à L. Howard, et du *strato-cumulus*. En outre, on n'a conservé de son espèce *cirro-stratus* que le voile de *cirrus* et l'on a laissé sans désignation le *cirro-stratus* limité, qu'il avait représenté sur une de ses planches en 1803. Enfin, le *nimbus* n'est plus qu'un nuage bas, versant les pluies persistantes.

Le nuage appelé *cirro-cumulus* par L. Howard et défini par lui comme étant formé de petites masses arrondies (small, well defined roundish masses, in close horizontal arrangement or contact), a donc été démembré par les auteurs de la classification moderne, adoptée par le *Comité météorologique international* (¹) : il est actuellement remplacé par deux espèces, le *cirro-cumulus* proprement dit, composé de petites balles, et l'*alto-cumulus*, dont les balles sont plus grandes. Il faut approuver cette distinction, car elle paraît naturelle ; on ne rencontre pas, en effet, des balles de toutes les grandeurs entremêlées confusément dans les bancs de nuages ; on voit même souvent des bancs entiers qui ne renferment exclusivement que les plus grandes balles ou les plus petites. Mais fallait-il créer deux espèces et les introduire dans cette classification nouvelle, où le nombre de termes est réduit au minimum ? Nous ne le croyons pas, car, d'un côté, les bancs de gros moutons peuvent passer, sur leurs bords, au *cirro-cumulus*, comme le dit l'*Atlas international des nuages* lui-même ; et, d'un autre côté, les plus petits moutons forment quelquefois la majeure partie de bancs où se voient pourtant aussi les balles les plus grosses et les plus épaisses. En un mot, les balles de toutes les dimensions peuvent se rencontrer juxtaposées aux mêmes niveaux, dans les mêmes bancs. Il suffisait d'adopter une seule espèce et de la subdiviser en variétés. On comprend d'autant moins la création de deux espèces pour les nuages moutonnés, qu'on voit ceux-ci accompagnés, au même niveau moyen, de formes qui en diffèrent considérablement et qui, tout en étant à la fois communes, abondantes et bien caractérisées, n'ont pas été introduites ni dans la nouvelle classification ni dans la nomenclature (²). Pourquoi, du reste, n'a-t-on pas subdivisé aussi d'autres espèces, qui étaient susceptibles de l'être ? Les *cirrus* floconneux, sans fibres, connus depuis si longtemps, sont bien plus différents des *cirrus* fibreux que les petites balles ne le sont des grosses ; or l'*Atlas*

(¹) *Atlas international des nuages*. Paris, 1896 ; seconde édition, Paris, 1910.

(²) Voir nos Études sur les nuages, III, Les variétés de l'alto-cumulus. Bruxelles, 1903. (*Annales de l'Observatoire royal de Belgique. Nouvelle série. Annales météorologiques.*)

ne leur accorde pas même une simple mention dans la définition de l'espèce *cirrus*.

Les auteurs de la classification moderne des nuages, R. Abercromby et H. Hildebrandsson, s'étaient mis d'accord, au mois de décembre 1886, pour distinguer, dans les nuages du niveau moyen, trois espèces, qu'ils définissaient comme suit (¹) :

Cirro-cumulus : Petites balles d'un blanc brillant, comme la soie (6 600 m).

Cumulo-cirrus [*Alto-cumulus*] : Balles plus grosses, semblables à du coton blanc (4 000 m).

Strato-cirrus [*Alto-stratus*] : Voile épais, d'un gris cendré ou d'un gris bleuâtre (5 000 m).

La distinction établie entre les deux espèces de balles était vague, car elle ne reposait que sur des grandeurs différentes, que l'on ne définissait pas. Les observateurs ne peuvent mesurer les hauteurs.

H. Hildebrandsson caractérisait encore les deux premières espèces par le commentaire suivant : « Il (le marin) connaît aussi les moutons, « le ciel pommelé », « cielo empedrado », « the makerel sky », ou le *cirro-cumulus*, et il sait que ces balles, qui ont l'aspect de petits grains d'un blanc brillant, se transforment, lorsqu'ils s'abaissent ou qu'ils apparaissent à des niveaux inférieurs, graduellement, en passant par des formes plus grandes et cotonneuses, en grandes masses grises, les *strato-cumulus*, « Roll-Cumulus », « *Wulst-cumulus* »... Il suffit de lui dire :... Lorsque les *cirro-cumuli* se montrent plus grands, un peu plus sombres et comme cotonneux, inscrivez *cumulo-cirrus* (²). »

Outre les grandeurs différentes des balles, on voit invoqué ici l'éclat plus ou moins vif de ces éléments en faveur de la distinction de deux espèces.

Le 16 février de l'année 1887, présentant à la Société royale

---

(¹) *Met. Zeitschr.*, IV (XXII), 1887, p. 254.

(²) *Ibid.* p. 255.

météorologique de Londres la nouvelle nomenclature, H. Hildebrandsson disait (1) : « La question se simplifie donc et se réduit à ceci : devons-nous distinguer 4, l'*alto-cumulus* d'Upsal et de France, le *cumulo-cirrus* de Portugal, de 3, le *cirro-cumulus;* et 5, le *strato-cumulus,* aussi bien que 2, le *cirro-stratus* élevé, de 6, le *cirro-stratus* bas ou *strato-cumulus* de Portugal ?

» Sur le premier point, il me semble bon de conserver ou d'introduire une forme entre le *cirro-cumulus* et le *strato-cumulus* (roll-cumulus, Wulst-cumulus ou *cumulo-nimbus*). Le *cirro-cumulus* a une hauteur moyenne de 6 500 mètres ; le *strato-cumulus*, de 2 000 mètres seulement. Le *cumulo-cirrus* ou *alto-cumulus*, de son côté, flotte à un niveau intermédiaire de 4 000 mètres. Le mouvement des nuages de toute cette classe de formes est très facile à observer. Si l'on adopte ces trois formes, nous aurons bientôt des matériaux pour déterminer les directions des courants aériens aux trois niveaux en question. Si nous ne faisons pas cette distinction, il se produira une grande confusion. La couche moyenne sera probablement, dans la plupart des cas, rangée dans le *cirro-cumulus*, l'*alto-cumulus* ou *cumulo-cirrus*, qui est blanc et semblable à du coton, se rapprochant plus du *cirro-cumulus*, aux petites balles d'un blanc de neige, que du *strato-cumulus* aux balles ou rouleaux sombres, gris. Mais alors la hauteur moyenne du *cirro-cumulus* deviendra beaucoup moindre ; on obtiendra donc un résultat inexact, d'autant plus qu'il est établi par les mesures faites à Upsal que parfois des *strato-cumulus* exceptionnellement minces et légers sont pris pour des *alto-cumulus*. Si ces derniers nuages sont rangés parmi les *cirro-cumulus*, comme je crois qu'on le fait dans certains pays, la confusion sera naturellement encore plus grande. Si l'œil s'habitue dès le début à distinguer les trois formes, on a moins de difficultés pour observer les nuages que lorsqu'on est habitué à n'en distinguer que deux. L'*alto-cumulus* fut introduit dans le journal d'Upsal en 1880, parce qu'auparavant on se sentait constamment embarrassé. Les nuages paraissaient trop bas ou trop sombres pour être des *cirro-cumulus*, mais trop légers et trop blancs pour se ranger parmi les *strato-cumulus;* bien plus, nous remarquions souvent deux couches de *cirro cumulus* situées à des hauteurs très différentes et marchant en divers sens.

---

(1) Remarks concerning the nomenclature of clouds for ordinary use. (*Quarterly Journ. of the R. Met. Soc.*, vol. XIII, 1887, p. 152.)

» Ce qui vient d'être dit s'applique au *cirro-stratus* élevé et au *cirro-stratus* bas. Le premier, qui est blanc, avec halos, parhélies, etc., est probablement le plus élevé de tous les nuages; le second, au contraire, est à un niveau qui n'est que de 5 000 mètres. La différence des niveaux s'élève à plus de 4 000 mètres. Il est vrai que nous n'avons pas toujours affaire à des formes typiques. Au contraire, la plupart des nuages sont des formes intermédiaires. Le *cirrus* se transforme graduellement en *cirro-cumulus;* le *cirro-cumulus*, en *alto-cumulus;* celui-ci, en *strato-cumulus*. Cependant il est facile d'apprendre les formes typiques, et, dans chaque cas, on doit inscrire le type qui ressemble le plus à la forme observée. »

En résumé, on aurait affaire à deux types de nuages moutonnés, aussi différents par l'aspect que par la hauteur. Le plus souvent pourtant on n'observerait que des formes intermédiaires entre celles-là; les *cirrus* s'abaissant graduellement, dans l'atmosphère, de l'altitude de 7 000 mètres au moins jusqu'à celle de 2 000 mètres, se transformeraient successivement en *cirro-cumulus*, puis en *alto-cumulus*, enfin en *strato-cumulus;* et il existerait toujours une concordance entre la délicatesse plus ou moins grande des balles ou moutons et les altitudes où flottent ces nuages. C'est ce qui ressort des textes que nous venons de citer. Il est à peine nécessaire de faire des réserves sur cet abaissement des nuages supérieurs, en faveur duquel on n'a pas apporté de preuves. Et nous verrons plus loin s'il existe réellement une relation aussi simple entre les diverses formes des nuages moutonnés et leur altitude.

Voici comment R. Abercromby définissait, de son côté, les deux espèces de nuages moutonnés, dans la même séance de la Société royale météorologique de Londres :

> *Cirro-cumulus :* Nuages laineux. C'est un nuage léger, élevé, plus ou moins en masses détachées, d'une structure caractéristique, comme de la laine de mouton.
>
> *Cumulo-cirrus* [*Alto-cumulus*] : Nuages laineux. Il est identique, quant à la forme, au *cirro-cumulus,* qui vient d'être mentionné ; il est seulement un peu plus dense et plus épais et, avant tout, à un niveau plus bas. On l'a introduit seulement pour pouvoir exprimer qu'on a affaire à un *cirro-cumulus* bas, et c'est pour cela qu'on a mis le mot *cumulo* en avant. C'est le nuage appelé *alto-cumulus* à Upsal.

Ici les deux espèces de nuages moutonnés ne sont plus présentées comme étant nettement distinctes l'une de l'autre par la grandeur des balles : elles ne diffèrent que par des nuances de densité, d'épaisseur. Le caractère le plus important serait l'altitude différente suivant l'espèce ; mais il ne pourrait être, en le supposant réel, d'aucun secours, répétons-le, puisqu'on ne peut déterminer la hauteur d'un nuage à la simple vue. On voit que les deux auteurs de la classification moderne, qu'ils présentaient en commun, étaient loin d'être d'accord sur les définitions mêmes des nuages.

La communication de R. Abercromby à la Société royale météorologique de Londres est accompagnée d'une planche photographique intitulée : *Abercromby typical cloud forms.* On y voit (fig. 3) un *cirro-cumulus* dont les moutons sont rangés en files et sont plus ou moins soudés entre eux et confondus ; puis un *cumulo-cirrus* [*alto-cumulus*] (fig. 5) dont les balles sont, non pas plus grandes, mais beaucoup plus petites que celles de la précédente figure et même difficilement discernables. L'auteur déclare (p. 158) que la figure 3 est un spécimen caractéristique ; il fait remarquer, par contre, au sujet de la figure 5, que la reproduction n'a pas très bien fait ressortir la structure du nuage. Ces figures ne peuvent évidemment qu'embarrasser le lecteur qui cherche à comprendre la distinction introduite dans les nuages moutonnés.

L'année suivante, R. Abercromby fit paraître ses *Instructions for observing clouds on land and sea*. Cette publication est accompagnée d'une planche qui reproduit la plupart des figures de la précédente. La figure du *cumulo-cirrus* que l'on trouvait imparfaite en 1887, a été conservée; elle est moins nette que précédemment : les petites balles, ou plutôt les grains, sont peu distincts. Celle du *cirro-cumulus*, qui était un « spécimen typique », a été remplacée par une autre, que l'on dit être seulement « un bon spécimen », mais dont les balles sont toujours plus grosses que celles du *cumulo-cirrus* [*alto-cumulus*]. Les définitions sont, cette fois, les suivantes :

Cirro-cumulus : Nuage élevé, mince, ordinairement en petits flocons d'une texture laineuse..... Parfois les flocons des nuelles sont en masses rondes, détachées, sans la texture laineuse caractéristique, et cet aspect est communément appelé « mackerel sky »;

Cumulo-cirrus [*Alto-cumulus*] : Forme basse, dense, de *cirro cumulus*, située à un niveau moyen; aussi..... doit-on l'appeler *cumulo-cirrus*.

Que le *cumulo-cirrus* soit plus dense que le *cirro-cumulus*, cela ne résulte nullement des figures. L'embarras du lecteur augmente encore, lorsqu'il vient à constater que la figure du *cumulo-cirrus* [*alto-cumulus*] et celle du *cirro-stratus* sont pour ainsi dire identiques, et que celle du *strato-cirrus* [*alto-stratus*] est, à son tour, très peu différente de celle des trois nuages précédents.

Nous pouvons essayer d'entrer un peu plus avant dans la pensée d'un des auteurs de la classification, en consultant le *Wolken-Atlas* publié en 1890 par H. Hildebrandsson, W. Köppen et G. Neumayer. Nous y trouvons d'abord les définitions suivantes :

Planche 3. Cirro-cumulus. Moutons. — *Petites balles ou petits flocons blancs, sans ombres, qui sont disposés en groupes et souvent en files.* Cette planche, comme aussi la figure 3 de la planche 11, montre surtout des formes en flocons; parfois ces nuages ont une apparence plus sphérique (surtout à leur bord supérieur) comme les plus gros moutons de la figure 4, planche 11.

Planche 4. Alto-cumulus ou **Cumulo-cirrus. Gros moutons.** *Balles plus grosses, blanches, grisâtres, avec des parties ombrées, disposées en groupes et souvent si serrées que leurs bords se rejoignent.* Les balles isolées sont généralement plus grosses et plus compactes (passant à str-cm.) au milieu du groupe; aux bords du groupe elles forment des flocons plus fins (passant à cir.-cm.). Souvent elles se présentent rangées en files suivant une ou deux directions.....

L'absence ou la présence d'ombres sont introduites ici comme caractères distinctifs.

Relativement aux planches 3 et 4, qui sont des chromolithographies exécutées d'après des peintures à l'huile, nous pouvons nous contenter de constater que le *cirro-cumulus* est, cette fois, composé de flocons plus petits et plus légers que les balles de l'*alto-cumulus*. Mais en examinant ensuite la planche photographique 11, on est frappé tout d'abord de l'écart moins grand qui existe entre les deux espèces; l'*alto-cumulus* n'a, du reste, pas d'ombres, quoique la définition les exige; par contre, les flocons du *cirro-cumulus* sont soudés entre eux, au point de devenir indistincts, ce qui, d'après la définition de l'*alto-cumulus*, est un caractère essentiel de ce dernier nuage. Si, enfin, on compare ces quatre figures à celles des *Instructions* d'Abercromby, on ne peut s'empêcher de trouver que les deux auteurs de la classification moderne ont choisi, chacun de son côté, pour chacune des espèces de nuages moutonnés, des types fort éloignés les uns des autres.

Passons enfin à l'*Atlas international* de 1896 publié par H. Hildebrandsson, A. Riggenbach et L. Teisserenc de Bort. Tandis que l'espèce *cirrus* y est représentée par quatre figures, dont deux, les figures 3 et 4, sont presque identiques; que le *strato-cumulus* est figuré trois fois, le *nimbus* cinq fois, le *cumulus* et le *cumulo-nimbus* ensemble neuf fois, le *cirro-cumulus* n'a qu'une seule figure et l'*alto-cumulus* deux. La figure 6, qui représente le *cirro-cumulus*, ressemble à la planche 3 du *Wolken-Atlas*; elle offre un assemblage de flocons, mais ceux-ci sont plus légers que ceux du *Wolken-Atlas*. Les deux *alto-cumulus* sont bien distincts l'un de l'autre; ils sont formés d'éléments plus grands que ceux du *cirro-cumulus*. Les deux espèces paraissent, d'après ces figures, bien distinctes. Quant aux définitions, que nous allons reproduire, ce sont celles du *Wolken-Atlas* légèrement modifiées pour ce qui concerne les couleurs et les ombres.

3. **Cirro-cumulus (Ci.-Cu.). Moutons** (fig. 6). — *Petites balles ou petits flocons blancs, sans ombres ou avec ombres très faibles, qui sont disposés en groupes et souvent en files.*

4. **Alto-cumulus (A.-Cu.). Gros moutons.** — *Balles plus grosses, blanches ou grisâtres, avec des parties ombrées, disposées en groupes ou en files et souvent si serrées que leurs bords se rejoignent* (¹). Les balles isolées sont généralement plus grosses et plus compactes (passant à S.-Cu.) au milieu du groupe (fig. 9); aux abords [bords ?] du groupe, elles forment des flocons plus fins (passant à Ci.-Cu.). Souvent elles se présentent rangées en files suivant une ou deux directions (fig. 10).

La distinction des deux espèces de nuages par les ombres est devenue si incertaine, qu'on doit y renoncer. Les caractères distinctifs principaux, essentiels, du *Ci-Cu* et de l'*A-Cu* sont définitivement les grandeurs relatives des moutons (²). Il n'est

---

(¹) On est étonné de voir maintenue la remarque que les balles de l'*A.-Cu.* sont « souvent si serrées que leurs bords se rejoignent ». La photographie du *Ci.-Cu.* du *Wolken-Atlas*, où les moutons ne se rejoignent pas seulement, mais se fondent les uns dans les autres, n'était donc pas caractéristique?

(²) La seconde édition de l'*Atlas international des nuages*, qui parut en 1910, publiée par H.-H. Hildebrandsson et L. Teisserenc de Bort, n'apporta aucune modification aux définitions des nuages dont nous nous occupons ici. Dans le commentaire qui suit la définition de l'*Alto-cumulus*, on a ajouté cette remarque après les mots *au milieu du groupe :* « mais l'épaisseur est variable et diminue quelquefois tellement qu'ils [elles?] ont la forme de lamelles ou plaques minces d'assez grande étendue, presque sans parties ombrées ». Quant aux figures, celle du *Cirro-cumulus* de 1896, qui était une photographie prise par H. Hildebrandsson lui-même et qui devait être typique, étant la seule qui représentât le *Cirro-cumulus* dans l'*Atlas*, elle a été remplacée par une autre, qui lui ressemble beaucoup, où les flocons sont seulement plus serrés, mais dont l'origine n'est pas indiquée, non plus que celle des autres figures. Les deux figures d'*alto-cumulus* sont restées les mêmes; celle qui porte le nº 9 a seulement été retournée. L'index des planches de 1896 disait qu'elle avait été photographiée au zénith. Pourtant elle paraissait plus naturelle alors qu'actuellement, ce qui paraît indiquer qu'elle a été prise à quelque distance du zénith.

plus question de nuages intermédiaires entre ces deux espèces. Toutes deux sont nécessairement moutonnées. On n'assigne plus, du reste, d'altitude particulière à chaque espèce ; le *Ci-Cu* et l'*A-Cu* forment avec l'*A-S* le groupe des *nuages moyens* (p. 3), que l'on observe entre 3 000 et 7 000 mètres.

Ce n'est pas sans quelque surprise qu'après avoir parcouru, dans la nouvelle édition de l'*Atlas*, toute la série des nuages, depuis les plus élevés jusqu'aux plus bas, le lecteur retrouve sur la dernière planche un *cirro-cumulus* et un *alto-cumulus* qui n'ont aucune ressemblance avec les formes qu'il a vues précédemment sous ces rubriques et qui ne correspondent pas non plus aux définitions. Si nous faisons, pour le moment, abstraction de ces formes, évidemment aberrantes, nous pouvons dire, au sujet du *cirro-cumulus* et de l'*alto-cumulus*, que la distinction que fait l'*Atlas international* entre ces deux formes, est nette et absolue : c'est, sans doute, pour mieux la marquer que la seconde édition a intercalé, entre les deux espèces moutonnées, l'*alto-stratus*, qui y faisait suite en 1896. Malheureusement la distinction dont il s'agit ne correspond pas à la réalité. Si l'on observe attentivement le ciel, on s'aperçoit bientôt que les nuages moutonnés de toutes les grandeurs relatives s'allient entre eux et qu'ils sont accompagnés de nombreuses formes où les moutons sont rares, sinon tout à fait absents. Plusieurs de ces variétés sont si éloignées, par l'aspect, des nuages moutonnés, que beaucoup d'observateurs et d'auteurs, trompés par les définitions, les ont rangées soit dans le *Ci-S*, soit dans le *Ci*. Toutes peuvent se présenter, aussi bien que les moutons de toute grandeur, comme des lambeaux épars de l'*A-S* ou former les bords extrêmes ou les portions amincies et déchirées de ce voile. Les nuages du niveau moyen offrent ainsi une remarquable richesse de formes, que ne font nullement soupçonner les définitions concises de l'*Atlas international*, suivant lesquelles on ne rencontrerait à ce niveau que des nuages moutonnés, le *Ci-Cu* et l'*A-Cu*, et un voile uniforme, l'*A-S*.

Nous avons déjà antérieurement attiré l'attention sur l'insuffisance de la nouvelle classification. Plusieurs météorologistes observateurs, qui ont écrit sur les nuages, s'en sont plaints. Il est impossible de n'en pas être frappé lorsqu'on s'attache assidûment à l'observation du ciel. L'embarras des observateurs se manifeste dans les publications où sont relatées les mesures de hauteurs faites pendant l'*année des nuages*, 1896-1897. Nous citerons en particulier la série de Potsdam, que nous allons examiner au point de vue particulier des nuages moyens ([1]). Elle a été exécutée par des météorologistes de profession, pouvant s'éclairer mutuellement, tant par la discussion en face du ciel même, que par l'examen des photographies qui ont servi aux mesures. Elle offre certainement des garanties peu ordinaires de soin et d'exactitude. Les résultats numériques sont accompagnés, dans les tableaux qui les contiennent, de nombreuses remarques relatives à la forme et à l'aspect des nuages. Si le *Ci-Cu* et l'*A-Cu* sont deux espèces de nuages bien distinctes, flottant à des altitudes différentes, c'est ici que nous allons en trouver la preuve.

Une première donnée intéressante que nous tirons de la publication de Potsdam, est la répartition des *Ci-Cu* et des *A-Cu* par étages atmosphériques de 400 mètres (voir le tableau ci-après, dans lequel nous insérons également les renseignements relatifs au *Ci-S*). On ne peut en tirer qu'une seule conclusion, c'est que l'altitude moyenne des *Ci-Cu* est supérieure à l'altitude moyenne des *A-Cu*. C'est là un renseignement d'une très faible portée, car les altitudes de chacune des deux espèces varient dans des limites très étendues et la tranche atmosphérique occupée par l'une des deux espèces empiète fortement sur celle où l'on peut rencontrer l'autre espèce. On voit, par exemple, que sur 50 *Ci-Cu* d'été, 40, soit 80 °/₀, ne sont pas

---

([1]) A. Sprung et R. Süring, *Ergebnisse der Wolkenbeobachtungen in Potsdam und an einigen Hülfsstationen in Deutschland in den Jahren 1896 und 1897*. Berlin, 1903.

plus élevés que certains *A-Cu*; et qu'en hiver la proportion pour 22 *Ci-Cu* devient 82. Il n'est donc pas possible, dans la plupart des cas, de conclure de la forme des nuages moutonnés à leur altitude.

HAUTEURS (mètres).	Avril-Septembre.			Octobre-Mars.		
	Ci-S.	Ci-Cu.	A-Cu.	Ci-S.	Ci-Cu.	A-Cu.
—	—	—	—	—	—	—
11 600-12 000. . .	1	»	»	»	»	»
11 200-11 600. . .	1	»	»	»	»	»
10 800-11 200. . .	1	»	»	1	»	»
10 400-10 800. . .	7	»	»	3	»	»
10 000-10 400. . .	11	»	»	2	»	»
9 600-10 000. . .	3	1	»	4	»	»
9 200-9 600. . .	3	»	»	3	»	»
8 800-9 200 . .	4	»	»	5	»	»
8 400-8 800. . .	7	1	»	3	1	»
8 000-8 400. . .	3	3	»	4	1	»
7 600 8 000. . .	9	2	»	2	»	»
7 200-7 600. . .	4	3	»	2	»	»
6 800-7 200. .	3	3	1	1	1	»
6 400-6 800. . .	6	7	3	9	1	»
6 000-6 400. . .	3	3	2	4	»	1
5 600-6 000. . .	5	4	3	5	4	1
5 200-5 600. . .	5	4	8	3	4	1
4 800-5 200. . .	2	7	4	5	2	2
4 400-4 800. . .	1	5	13	»	3	8
4 000-4 400. . .	2	4	14	»	3	4
3 600-4 000. . .	1	»	10	»	1	3
3 200-3 600. . .	»	1	11	»	1	2
2 800-3 200. . .	»	»	21	»	»	14
2 400-2 800. . .	»	2	31	»	»	5
2 000-2 400. . .	»	»	12	»	»	4
1 600-2 000. . .	»	»	3	»	»	6
1 200-1 600. . .	»	»	1	»	»	»
800-1 200. . .	»	»	»	»	»	1
Hauteurs moyennes .	8 085	5 893	3 632	7 653	5 406	3 349

Les observateurs de Potsdam ont appliqué l'épithète de *typique* à un certain nombre de nuages moutonnés, soit *Ci-Cu*, soit *A-Cu*. Nous en donnons ci-dessous la liste, dans laquelle nous avons introduit en outre les observations, bien moins nombreuses, du reste, où on a trouvé à ces nuages des particularités *caractéristiques*.

CIRRO-CUMULUS TYPIQUES.

Numéros.	Altitudes.	Numéros.	Altitudes.
1200.	2 800 mètres.	273.	6 250 mètres
994	4 104 —	346.	6 606 —
997.	4 575 —	274.	6 615 —
165.	5 686 —	191.	6 670 —
633	5 779 —	126.	8 333 —
1320.	6 241 —		

ALTO-CUMULUS TYPIQUES.

Numéros.	Altitudes.	Numéros.	Altitudes.
884	1 686 mètres.	159	3 973 mètres.
981.	1 754 —	452.	4 022 —
694.	1 793 —	961.	4 168 —
385.	1 855 —	499.	4 268 —
1263.	2 243 —	56.	4 322 —
90.	2 265 —	1117.	4 415 —
1155.	2 378 —	524.	4 440 —
638	2 395 —	1138.	4 552 —
1227.	2 458 —	1374.	4 610 —
822.	2 564 —	905.	4 658 —
821.	2 623 —	1137.	4 675 —
1000	2 720 —	799.	4 697 —
922	2 822 —	462.	4 790 —
622.	2 950 —	152	5 012 —
662	3 045 —	486.	5 045 —
332.	3 065 —	1378.	5 248 —
967.	3 070 —	255.	5 471 —
817.	3 111 —	485.	5 572 —
19	3 158 —	999.	5 588 —
1112.	3 205 —	677.	5 630 —
160.	3 518 —	157	6 429 —
1170	3 589 —	1213	6 705 —
357.	3 835 —	158	7 357 —

Ici l'on voit la séparation entre les deux espèces suivant la verticale s'accuser beaucoup mieux, sans toutefois qu'elle devienne complète. Ce qui est frappant, c'est que l'*A-Cu* peut affecter une forme typique à des altitudes extrêmement différentes les unes des autres, d'où l'impossibilité de conclure de la forme spéciale des nuages de cette espèce à leur altitude.

Nous extrayons maintenant des tableaux de Potsdam un certain nombre d'observations dont les remarques, que nous reproduisons, sont intéressantes. Nous classons ces observations sous les deux rubriques de nuages moutonnés, en suivant l'ordre des altitudes croissantes. Nous avons cru toutefois utile de ne pas disjoindre les observations appartenant à une même journée; mais, afin d'éviter toute confusion, nous avons inscrit l'indication *A-Cu* en tête des remarques concernant les *alto-cumulus* insérés dans la liste qui renferme les *cirro-cumulus*. Les remarques entre crochets sont de nous.

Parmi ces nuages, certains *A-Cu* sont bien caractérisés, sans qu'on les déclare toutefois *typiques* (n^{os} 1212, 404) ; ils flottaient pourtant à 5 000 et 6 000 mètres; l'un d'eux passe au *S-Cu.*

Le *Ci-Cu* n° 350, supérieur à 5 000 mètres, offrait de faibles ombres. Il en était de même des nuages n^{os} 165 et 191 mentionnés dans le tableau des *Ci-Cu* typiques; le *Ci-Cu* n° 126 du même tableau dépassait 8 000 mètres; il avait pourtant de fortes ombres.

On a constaté plusieurs fois que les *Ci-Cu* n'étaient pas supérieurs aux *A-Cu* ou à l'*A-S* (n^{os} 941, 635-637, 352-354, 111-113). La journée du 17 juillet 1896, n^{os} 111, 112, 113, 115, mérite d'attirer particulièrement l'attention : le matin, les *Ci-Cu* flottaient à une altitude inférieure à celle de l'*A-Cu*; le soir, celui-ci dépassait de plus de 2 000 mètres son altitude du matin. On se serait bien trompé, ce jour-là, en estimant les hauteurs d'après l'aspect des nuages.

Les observateurs de Potsdam ont avoué plusieurs fois leur embarras au sujet du classement des nuages, soit dans le *Ci-Cu*, soit dans l'*A-Cu*, alors qu'il s'agissait de nuages atteignant des hauteurs élevées, ce qui montre encore une fois que la forme et l'altitude ne se correspondent pas toujours (n^{os} 688, 253, 175, 178).

Dans beaucoup de cas, ils se sont décidés pour l'une des deux espèces, sans qu'on en voie clairement la raison, car les caractères rapportés dans les remarques ne sont pas ceux que mentionnent les définitions de l'*Atlas* pour l'espèce choisie (n^{os} 641, 1370, 136, 774, 728, 729, 783, 620, 980, 421, 873, 1184, 1185, 1186, 1187, 234, 247, 248, 852, 257, 253, 1380, 1242). Parmi ces nuages, ceux des n^{os} 728, 980, 1184, 852, 1380, 1242, méritent une mention spéciale. Rien n'est plus éloigné de la définition du *Ci-Cu* ni de celle de l'*A-Cu* que les descriptions que nous trouvons dans les *remarques*, sous ces numéros. Rien n'est plus éloigné non plus des représentations typiques de l'*Atlas international* et des autres publications du même genre qui l'ont précédé, que les figures 5 et 6 qui accompagnent la publication de Potsdam dont nous nous occupons ici et qui se rapportent aux nuages n^{os} 431 et 432, rangés parmi les *Ci-Cu*. Au lieu de moutons, ces figures nous offrent des plaques parfaitement uniformes, portant seulement des raies parallèles, des ondulations, qui en font des *Wogen-Wolken,* des *Ripple clouds.* Ces nuages sont ceux que nous avons appelés *margarodes* (voir *Les variétés de l'alto-cumulus,* Bruxelles, 1903). L. Howard les avait observés et représentés par des figures, que nous avons reproduites (p. 24 du travail cité); il les rangeait dans son *cirro-stratus,* les plaçant à tort à côté du grand voile de *cirrus* où se forment les halos. Son erreur est encore partagée par les auteurs des meilleurs traités de météorologie. Il a été publié un grand nombre de photographies de ces nuages (1). Une observation directe, faite en

---

(1) Voir, outre celles que nous avons mentionnées dans notre travail de 1903 sur les variétés de l'*Alto-cumulus*, celles d'A. W. Clayden (*Cloud Studies*, London, 1905, fig. 3, 12, 15, 16, 18, 19, 21, 25, 48, 56 et 57), souvent rangées à tort, par cet auteur, parmi les *Ci;* ensuite celle qu'a prise F. A. Cook, médecin de la *Belgica*, et qu'il a reproduite dans son livre intitulé : *Through the first antarctic night* (London, 1900; p. 353; traductions : *Vers le pôle sud*, Bruxelles, 1902, p. 287; *Die erste Südpolarnacht*, 1898-1899; Kempten, 1903, p. 281); celle qu'a publiée R. C. Mossman dans son article : *First antarctic voyage of the « Scotia »* (*Scott. Geogr. Mag.*, XX, March 1904, n° 3, p. 116, planche intitulée : *A south polar sommer scene*); celle qui forme la figure 42 du livre d'A. Wegener, intitulé : *Thermodynamik der Atmosphäre* (Leipzig, 1911, p. 152); enfin les figures 10 et 11 de l'*Atlas photographique des nuages*, de J. Loisel (Paris, 1911). Certains nuages qui enveloppent les pics montagneux ou qui naissent dans le voisinage des crêtes de montagnes, ont une grande ressemblance avec les *margarodes.* (Voir l'ouvrage de Wegener, fig. 52 et 53, p. 166; et *Met. Zeitschr.*, 1893, p. 429.)

Cirro-cumulus.

Numéros.	DATES.	HEURES.	HAUTEURS extrêmes.	NOMBRE de mesures.	REMARQUES.
941	10 avril 1897 . .	8.13 a.	2 600-2 680	5	Nuages délicats, floconneux, avec structure en vagues. [En même temps A-Str, « voile nuageux », à 3 060 mètres.]
635	12 décembre 1896 .	8.54 a.	2 590-4 850	10	Nuages très fins, avec vagues, dans une couche de Ci s'étalant en touffe, comme le nº 627.
637	Id.	10.52 a.	2 450 2 580	5	A-Cu. — Balles très grossières, avec arrangement partiel en vagues.
351	4 septembre 1896 .	5.52 a.	3 090-3 140	5	A-Cu groupés assez irrégulièrement, mais vagues esquissées par places.
352	Id.	7.48 a.	4 000-4 040	5	A-Cu avec sillons nettement parallèles; les vagues qui en résultent ont des distances diverses.
353	Id.	10.14 a.	2 380-2 420	3	A-Cu. — Forme moins nette que les nºs 351 et 352 Vagues par places.
354	Id.	11.55 a.	2 570-2 580	2	A-Cu. — Balles grossières, semblables au nº 353; rangées en files N-S.
»	Id.	»	4 240-4 410	4	Ci-Cu. — Système de vagues délicat, caché en grande partie par les nuages inférieurs
111	17 juillet 1896 .	6 18 a.	4 250-4 300	5	A-Cu. — Balles d'A-Cu bien formées.

112	Id.	6.42 a.	4 270–4 320	4	A-Cu. — Formes semblables à celles du n° 111.
113	Id.	8.8 a	3 196-3 537	13	Ci-Cu. — Formes en vagues très délicates. [Remarques particulières sur diverses parties de ce nuage] : Balles assez grossières avec ombres (A-Cu)... petites balles.... Ci-Cu typique sur la même vague.... nuages très délicats.
115	Id.	7.58 p.	6 050-6 275	3	A-Cu. — Petites balles sur le bord d'une couche uniforme et étendue.
641	14 décembre 1896 .	11.20 a.	4 400-4 600	8	Nuages assez grossiers.
642	Id.	11.28 a.	4 110-4 600	6	Nuages irrégulièrement floconneux.
172	28 juillet 1896 . .	6.5 p.	4 450-4 700	7	Petits nuages délicats, rangés en vagues, et voile très délicat d'A-Str, tous flottant à la même hauteur que les Ci-Cu et non susceptibles d'être exactement mesurés.
431	26 septembre 1896 .	10.13 a.	4 692–4 950	13	Nuages en vagues extraordinairement délicats et réguliers.
350	3 septembre 1896 .	6.8 p.	5 460–5 790	8	Ci-Cu avec de faibles ombres...
693	26 janvier 1897 . .	9.45 a.	5 615–5 670	3	Grands nuages floconneux ; trop lâches pour être des A-Cu.
1370	30 juin 1897 . . .	10.34 a.	6 870–7 040	8	Balles assez grossières, avec arrangement en forme de plume.
136	22 juillet 1896 . .	8.2 a.	7 050–7 560	8	Petits nuages vifs, semblables à des Fr-Cu, paraissant, par suite, très bas.

Alto-cumulus.

Numéros.	DATES.	HEURES.	HAUTEURS extrêmes.	NOMBRE de mesures.	*REMARQUES.*
774	19 février 1897 . .	2.35 p.	1 120–1 170	9	Nuages de mélange typiques. Se sont formés subitement et ont disparu très rapidement. Petits nuages floconneux ; arrangement en vagues reconnaissable, mais irrégulier.
728	10 février 1897 .	3.50 p.	1 710-1 860	4	Plaque brillante, divisée en petites balles.
729	Id.	3.59 p.	1 700–1 750	5	Petites balles, comme le n° 728.
783	27 février 1897 . .	3 39 p.	1 710–1 920	6	Petites balles, arrangées assez régulièrement.
620	5 décembre 1896 .	3.8 p.	2 030–2 350	3	Nuelles petites mais arrondies, plates en dessous.
980	23 avril 1897. . .	5.0 p.	2 210 2 820	4	Plaques très brillantes, blanches, floconneuses sur les bords.
421	25 septembre 1896 .	6.35 a.	2 340 2 370	6	Petites nuelles, rangées en files. Considérées par l'observateur comme Ci Ces nuages se dissolvent.
872	24 mars 1897 . .	10 12 a.	2 920-3 000	3	Formes assez confuses ; pourtant un double sillon visible
873	Id.	2.35 p.	2 660-3 560	10	Balles très petites, semblables pour le reste au n° 872.
874	Id.	4.14 p.	3 070–3 470	8	Petits A-Cu, très échevelés par suite du vent fort.

1184	4 juin 1897. . .	4.19 a.	3 060-3 180	6	Plaque délicate, étirée en partie en longues bandes, constituée en partie par de petites balles.
1185	Id.	4.27 a.	2 690-2 850	9	Nuages délicats, s'étendant en avant en un grand nombre de bandes semblables à des Ci. [Pour plusieurs points on ajoute la remarque] : Petites balles
1186	Id.	6.35 a.	2 700-2 950	6	Balles délicates à l'horizon, semblables aux n^{os} 1184 et 1185.
1187	Id.	7.58 a.	2 670-2 800	6	Balles délicates, en voie de dissolution.
234	7 août 1896.	7.22 a.	2 740-2 780	7	Petites nuelles, assez diffuses, courant en bandes dirigées S-N. Les extrémités de ces bandes ont de la ressemblance avec les plumes des Ci. Appelés Ci-Cu par l'observateur.
247	8 août 1896. . .	8.23 a.	3 050-3 150	4	Longs rouleaux, recouverts en partie par un léger voile. Seulement en quelques places structure typique en réseau de l'A-Cu
248	Id.	8.33 a.	5 140-3 230	7	Petites nuelles délicates ; appelées Ci-Cu par l'observateur. D'après le n° 247, c'est le bord d'un A-Cu.
852	16 mars 1897 . .	4.23 p.	3 701-3 910	2	Plaques (Wolkenschichten) délicates, partiellement divisées en vagues.
688	25 janvier 1897. .	10.29 a.	4 600-4 800	7	Balles étirées en bandes en divers sens. On ne saurait dire si c'est un A-Cu ou un Ci-Cu : petits flocons, mais balles assez épaisses.
257	10 août 1896. . .	10.7 a.	4 300-4 350	4	Petites nuelles brillantes, semblables au n° 253.

Numéros.	DATES.	HEURES.	HAUTEURS extrêmes.	NOMBRE de mesures.	*REMARQUES.*
253	10 août 1896 *(suite)*.	5.8 a.	5 177-5 291	4	Petits nuages très délicats ; la structure d'A-Cu n'a été bien reconnue que plus tard.
1212	9 juin 1897	6.22 a.	5 270-5 560	6	Balles grossières.
1380	30 juin 1897.	7.11 p.	5 300-5 770	6	Petites plaques d'aspects très divers. [On ajoute les remarques particulières suivantes pour divers points] : vagues très délicates..... banc grossier . . petite balle.
404	18 septembre 1896.	10.1 a.	5 660-6 050	3	Forme d'A-Cu bien développée, passant pourtant à Str-Cu.
175	29 juillet 1896	4.51 a.	5 680-5 800	6	Nuages de grandeurs et de délicatesse très diverses, de façon qu'il est difficile de choisir entre Ci-Cu et A-Cu.
178	Id.	2.33 p.	6 550-6 840	6	Couvert de nuages épais avec de minces fentes ; trop compacts pour être des Ci-Cu ; passent au Str-Cu ou au Fr-Cu.
1242	11 juin 1897.	6.1 p.	6 700-6 990	4	Plaques compactes, basses en apparence.

ballon, a montré que ces nuages sont formés de gouttelettes. (*Wissensch. Luftfahrten ausgef. vom D. Verein zur Förd. d. Luftschiff. in Berlin*, Braunschweig, 1899; vol. II, p. 184.) C'est, du reste, à bon droit que les observateurs de Potsdam ont fait entrer ces curieuses formes dans le groupe des condensations du niveau moyen; mais ils n'ont pu le faire sans démontrer par le fait même l'insuffisance de la classification de l'*Atlas international*.

Lorsque ces nuages se rapprochent de l'horizon, ils se présentent comme une barre horizontale, effilée aux deux bouts. Sous cet aspect, Cl. Ley les appelait *stratus lenticularis*. Les observateurs de Potsdam ont revu cette forme (voir n° 478, où on rappelle la dénomination de Cl. Ley et où on range parmi l'*A-Str* les nuages observés, 4 790-5 130 mètres; et n° 190, *Ci-Str*, que nous citons plus loin, p. 238). C'est elle qui est représentée, en compagnie de fracto-cumulus, sur la dernière planche de la seconde édition de l'*Atlas international* (voir ci-dessus), fig. 27; elle y a reçu le nom de *ci-cumulus lenticularis*, ce qui ne pourra manquer de rendre perplexe le lecteur qui relira dans l'*Atlas* la définition du cirro-cumulus : *Petites balles ou petits flocons blancs, sans ombres ou avec ombres très faibles, qui sont disposées en groupes et souvent en files*, car les *margarodes* représentés sont des plaques uniformes, dispersées çà et là dans le ciel. On ne trouve dans l'*Atlas*, au sujet de ces nuages, que l'indication suivante : « L'apparence prise par certains nuages, qui, particulièrement pendant les jours de sirocco, de mistral, de föhn, etc., présentent une forme ovoïde avec des bords nets et parfois des irisations, est désignée sous le nom de *lenticulaire*, par exemple *Cumulus lenticularis* (*Cu. lent.*), *Stratus lenticularis* (*St. lent.*) ; une planche [une figure?] est consacrée à représenter cette forme dans l'*Atlas*. » Faisons remarquer que la figure 27 en question est une combinaison de deux photographies prises au Service météorologique, à Uccle (Bruxelles), vers le sud, le 2 août 1897, la première à 3 h. 15 m., la seconde à 3 h. 16 m. (t. m. Gr.). Tous les nuages que l'on voit sur la figure 27 se trouvent sur le premier cliché, à part le grand *margarodes* de droite, à la place duquel existe un fracto-cumulus de même grandeur. On trouvera ce cliché fidèlement reproduit dans l'*Atlas photographique des nuages* de J. Loisel (Paris, 1911), où il forme la figure 11. Le *margarodes* de droite n'est autre chose que celui de gauche, dont l'aspect s'est modifié après le court intervalle d'une minute. De semblables modifications sont un des caractères de cette variété de nuages moyens.

Faisons encore remarquer, à propos des commentaires de l'*Atlas* que nous avons reproduits ci-dessus, que le *margarodes* n'est pas fort rare dans nos contrées, où ne soufflent pourtant jamais ni le sirocco, ni le mistral, ni le fœhn ; enfin, que la forme lenticulaire n'a pas le moindre rapport ni avec le *cumulus* ni avec le *stratus*.

Nous ne pouvons nous dispenser de dire ici quelques mots de la figure 28 de l'*Atlas*, aussi énigmatique que la figure 27 pour les profanes, qui doivent s'en tenir aux définitions de cette publication. C'est une mauvaise reproduction, plate et retouchée, d'une belle figure accompagnant un mémoire d'A. de Quervain (1). L'auteur y relève les caractères d'un nuage intéressant, décrit par plusieurs météorologistes et pour lequel il adopte le nom d'*Alto-cumulus castellatus*. L'*Atlas*, en l'appelant tout simplement *alto-cumulus*, sans présenter aucun commentaire, ne peut que jeter le doute dans l'esprit du lecteur au sujet de cette espèce.

Il est probable qu'il faut ranger également dans la variété *margarodes* les nuages auxquels se rapportent les observations ci-après et que les météorologistes de Potsdam ont appelés *Ci-Str.*, *Ci-Cu*, *faux Ci* ou *A-Str.*

Ce sont aussi, sans doute, des *margarodes* dont il s'agit aux observations 115, 257, 253, que nous avons reproduites précédemment.

---

(1) Beiträge zur Wolkenkunde. (*Met. Zeitschr.*, 1908, p. 433.)

Numéros.	DATES.	HEURES.	HAUTEURS extrêmes.	NOMBRE de cas.	FORMES.	*REMARQUES.*
12	2 juillet 1896 . .	2.35 p.	4 360–5 600	4	Ci-Str.	Plaques minces, bord tranchant. [A 6.5 p., on observait des *Ci* à 7 290 et à 8 670 mètres.]
53	9 juillet 1896 .	4.0 p.	6 370-6 530	5	Ci-Cu.	Les Ci-Cu paraissent former le bord d'un *Ci-Str* étendu. trop diffus pour les mesures. [A 2.26 p., Ci à 14 900 et à 13 300 mètres.]
97	15 juillet 1896 . .	4.16 a.	4 770-6 200	3	Ci-Str.	Plaques étroites à l'horizon. [A 11.57 a., on observe Ci à 8 463-9 077 mètres.]
164	27 juillet 1896 . .	7.13 p.	5 448-5 731	8	Falscher Ci (Ci-Cu).	Nuages plats, lenticulaires, très étendus horizontalement, d'un blanc mat ; « faux Ci » typiques.
190	1er août 1896 .	4.56 a.	6 720–8 440	10	Ci-Str.	Petites plaques se terminant en pointe de chaque côté, ce qui donne une forme de bonnet. Nuages très bas sur l'horizon, ce qui rend les mesures incertaines.
309	21 août 1896.	6.15 p.	3 236-3 387	5	A-Str.	Petite plaque mince, se divisant un peu en vagues sur les bords, où elle est irisée.
399	17 septembre 1896 .	8.7 a.	3 400–3 810	5	A-Str.	Bandes étroites, rangées parallèlement.
635	12 décembre 1896 .	8.54 a.	2 600–4 850	4	Ci-Cu.	Nuages en vagues, très fins, dans une couche de Ci s'étalant en touffe, comme le n° 627.

Il ne faut pas trop s'étonner de voir des météorologistes prendre pour un *Ci-Str* certains nuages du niveau moyen qui se présentent sous l'aspect de petits voiles ou de plaques uniformes. L'*Atlas international* est, en partie, la cause de cette confusion : outre qu'on n'y trouve aucune mention de ces sortes de nuages, la définition qu'il donne du *Ci-S*, qui est un « voile fin, blanchâtre », dont les dimensions ne sont pas indiquées, prête à la confusion. Ajoutons enfin que le *Ci-s'* représenté par la figure 5 de la première édition de l'*Atlas*, ne couvrant pas tout le ciel et n'offrant que vaguement la texture fibreuse, n'est guère différent d'un *margarodes*. On peut en dire autant de la figure 5 de la seconde édition.

D'après les mesures de Potsdam, le *Ci-s'* apparaîtrait parfois à des niveaux où se rencontrent très souvent le *Ci-Cu* et même l'*A-Cu* (voir le tableau de la page 228 ci-dessus). Il paraît probable que l'on a, dans ces mesures, pris pour le *Ci-S* des *A-S* et des voiles limités, des *margarodes*.

Nous croyons intéressant de rappeler certaines remarques présentées au sujet des nuages moyens par N. Ekholm et K. L. Hagström, en 1884, avant l'époque où R. Abercromby et H. Hildebrandsson proposèrent leur classification (¹). Ces auteurs ont compris dans leurs nuages inférieurs « la plus grande partie des *alto-cumulus* », l'autre partie prenant place dans les nuages supérieurs. Leurs mesures leur avaient fourni les altitudes suivantes :

Alto-cumulus inférieurs	1 988 mètres.
Alto-cumulus supérieurs	4 242 »
Cirro-cumulus	5 513 »

« Nous avons trouvé, disaient-ils, deux couches d'alto-cumulus qui souvent se ressemblent l'une à l'autre jusqu'à s'y

---

(¹) *Mesures des hauteurs et des mouvements des nuages*. Upsal, 1885.

méprendre, mais qui pourtant présentent une différence de hauteur de plus de 2 000 mètres. La couche supérieure d'une hauteur de 4 200 mètres (nous n'en avons que 5 observations) doit être considérée comme des cirro-cumulus relativement épais et bas. La couche inférieure, les véritables alto-cumulus, se trouve à une hauteur moyenne très constante de 2 000 mètres. »

Les observateurs suédois qui effectuèrent les mesures de nuages en 1896-1897, en Suède, A. E. Lundal et J. Westman, revinrent sur cette distinction en ces termes : « Nous avons divisé les A-Cu en supérieurs et inférieurs, c'est-à-dire A-Cu au-dessus et au-dessous de 4 000 mètres. Cette limite arbitraire, utilisée par MM. Ekholm et Hagström, a été choisie pour faciliter une comparaison de nos mesures d'A-Cu avec celles de ces savants. Cette espèce de nuages a d'ailleurs les limites verticales les plus larges et ils se présentent souvent, également typiques, à 2 000 mètres et à 6 000 mètres de hauteur. Il peut même arriver qu'une couche d'A-Cu soit supérieure à une couche simultanée de Ci-Cu (voir Tab. I : B. : 1896 juillet 27 et 30, août 10, sept. 28, etc.)... Les Ci-Cu et les A-Cu présentent des irrégularités qui tiennent probablement à ce que ces formes sont très variables et se confondent souvent, comme nous l'avons dit plus haut. »

Les considérations que nous venons de rapporter semblent trouver leur confirmation dans la série de Potsdam. On remarque, en effet, dans les altitudes des *alto-cumulus* que nous avons reproduites, un maximum entre 2 400 et 2 800 mètres en été, entre 2 800 et 3 200 mètres en hiver, puis un second maximum entre 4 000 et 4 400 mètres en été, entre 4 400 et 4 800 mètres en hiver.

Il est une particularité que l'*Atlas international* ne mentionne pas : c'est l'existence de portions moutonnées, formées de globules ou de grains, dans les bancs de *cirrus* et dans le *cirro-stratus*. Ces nuages moutonnés méritent une place spéciale dans la classification, sinon ils se confondraient avec des formes semblables, observées parfois à des altitudes inférieures à 5 000 mètres.

De tout ce qui précède nous croyons pouvoir conclure qu'il est impossible de juger de la hauteur des nuages moyens d'après leur forme, avec toute l'exactitude nécessaire à cette époque, où l'on entreprend une étude de plus en plus approfondie des mouvements de l'atmosphère; qu'il faut renoncer à l'emploi des hauteurs moyennes des nuages, qui sont fictives, et se livrer, aux jours d'observations internationales, à des mesures d'altitude chaque fois renouvelées, fournissant des données réelles, utilisables dans les études; qu'il faut enfin, pour sortir une bonne fois des incertitudes et des confusions, reviser la classification des nuages du niveau moyen, afin de la préciser et de l'étendre. On a établi la classification actuelle *pour l'usage ordinaire* (1); il serait temps d'en adopter une à l'usage des météorologistes.

---

(1) Voir ci-dessus, note.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — **Sur la cinématique des milieux continus,**

par TH. DE DONDER.

Dans cette note, nous recherchons d'abord les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un changement des variables dépendantes $x_1 \ldots x_n$ transforme un mouvement *variable* en un mouvement *stationnaire.* Si l'on suppose que ce changement de variables correspond à un changement d'axes de coordonnées rectangulaires, mobiles, on retrouve la solution de l'intéressant problème de cinématique posé et résolu récemment par M. Zorawski (*).

Nous indiquons ensuite comment la *dualité* remarquée, en cinématique, par M. Vessiot (**) est fournie immédiatement par les *cogrédiences* que nous avons introduites, en 1901, dans la théorie des invariants intégraux et que nous avons utilisées depuis dans la théorie des tourbillons, dans la généralisation du multiplicateur de Jacobi, dans la formation des paramètres différentiels, etc.

MOUVEMENTS STATIONNAIRES.

1. *Solutions aux variations.* — Considérons la transformation infinitésimale

$$\mathrm{A}f \equiv \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial f}{\partial x_i} \mathrm{X}_i \tag{1}$$

où les X_i $(i = 1 \ldots n)$ sont des fonctions continues et uniformes

---

(*) K. ZORAWSKI, Ueber stationäre Bewegungen kontinuirlicher Medien. (Extrait du *Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie* [Classe des sciences math. et naturelles], série A, janvier 1911.)

(**) E. VESSIOT, Sur la cinématique des milieux continus à n dimensions. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 19 juin 1911.)

des x et de t. Pour que les n fonctions $\xi_1 \ldots \xi_n$ des x et de t forment une *solution aux variations* de (1), il faut et il suffit que la transformation

$$\mathrm{B}f \equiv \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial f}{\partial x_i} \xi_i \tag{2}$$

forme avec la transformation $\mathrm{A}f$ un système *jacobien*, c'est-à-dire qu'on ait

$$\mathrm{AB}f = \mathrm{BA}f,$$

ou

$$\mathrm{A}\xi_i = \mathrm{BX}_i, \qquad i = 1 \ldots n$$

ou encore

$$\sum_{1}^{n}{}_{k} \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial x_k} \mathrm{X}_k + \frac{\partial \xi_i}{\partial t} - \frac{\partial \mathrm{X}_i}{\partial x_k} \xi_k \right) = 0. \qquad i = 1 \ldots n.$$

Ces conditions sont équivalentes (*) à celles qui expriment que ξ_i est cogrédient à δx_i, dans la théorie des invariants intégraux.

Effectuons le changement des variables dépendantes

$$x_i = x_i (x'_1 \ldots x'_n, t), \qquad (3) \qquad i = 1 \ldots n$$

ou inversement

$$x'_i = x'_i (x_1 \ldots x_n, t). \qquad i = 1 \ldots n.$$

La transformation infinitésimale (1) devient

$$\mathrm{A}'f' \equiv \frac{\partial f'}{\partial t} + \sum_{1}^{n}{}_{i} \frac{\partial f'}{\partial x'} \mathrm{X}'_i, \tag{1)'$$

où

$$\left\{ \begin{aligned} & \mathrm{X}'_i \equiv \left[\frac{\partial x'_i}{\partial t} + \sum_{1}^{n}{}_{k} \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} \mathrm{X}_k \right] \\ & f(x, t) \equiv f'(x', t) \quad \text{ou plus simplement} \quad f = f'; \end{aligned} \right.$$

le *crochet* indique qu'on remplacera les x en fonction des x' et de t.

On voit aisément que

$$\mathrm{A}f = \mathrm{A}'f'.$$

(*) Th. De Donder, Étude sur les invariants intégraux. (*Rendiconti Circolo Matematico di Palermo,* t. XV, 1901. Voir spécialement le n° 35 de ce mémoire.)

2. *Théorème.* — Étant données n fonctions $\xi_1 \ldots \xi_n$ des x et de t, pour que les

$$\xi'_i = \left[\sum_1^n{}_k \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} \xi_k\right] \qquad i = 1 \ldots n$$

forment une solution aux variations de $(1)'$, *il faut* et *il suffit* que les $\xi_1 \ldots, \xi_n$ forment une solution aux variations de (1).

Le *crochet* a la même signification que plus haut.

Démonstration. — Posons

$$B'f' = \sum_1^n{}_i \frac{\partial f'}{\partial x'} \xi'_i. \tag{2)'}$$

Pour que ξ'_i $(i = 1 \ldots n)$ soit une solution aux variations de $(1)'$, il faut et il suffit que

$$A'B'f' = B'A'f',$$

ou que

$$A'\xi'_i = B'X'_i,$$

ou que

$$A \sum_1^n{}_k \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} \xi_k = B\left(\frac{\partial x'_i}{\partial t} + \sum_1^n{}_k \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} X_k\right),$$

ou, après quelques réductions faciles, que

$$\sum_1^n{}_k \frac{\partial x'_i}{\partial x_k} (A\xi_k - BX_k) = 0.$$

Le déterminant jacobien des x'_i par rapport aux x_k étant différent de zéro, il en résulte qu'il faut et qu'il suffit que les ξ_i forment une solution aux variations de (1). c. q. f. d.

Extension. — Ce théorème s'étend aux solutions aux variations p-uples de la transformation (1) ; par exemple, pour que les

$$\xi'_{ik} = \left[\sum_1^n{}_{jl} \frac{\partial(x'_i x'_k)}{\partial(x_j x_l)} \xi_{jl}\right] \qquad i, k = 1 \ldots n.$$

forment une solution aux variations 2-uples de $(1)'$, *il faut* et *il suffit* que les ξ_{jl} forment une solution aux variations 2-uples de (1).

3. *Mouvement stationnaire.* — Cherchons les conditions nécessaires et suffisantes pour que les X'_i qui figurent dans $(1)'$ soient *indépendants* de t, autrement dit, pour que le mouvement transformé $(1)'$ devienne *stationnaire* ou *permanent.* Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que les X'_i forment une solution aux variations de $(1)'$. Donc (n° 2) il faut et il suffit que

$$\left[\sum_1^n{}_k \frac{\partial x_i}{\partial x'_k} X'_k\right]' \qquad i = 1 \ldots n$$

forment une solution aux variations de (1); ici le *crochet* affecté d'un *accent* indique que tout devra être exprimé en fonction des x et de t.

Ces conditions peuvent s'écrire :

$$\left[\sum_1^n{}_k \frac{\partial x_i}{\partial x'_k}\right]' \left(\sum_1^n{}_l \frac{\partial x'_k}{\partial x_l} X_l + \frac{\partial x'_k}{\partial t}\right), \qquad i = 1 \ldots n$$

ou

$$X_i - \left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial t}\right]';$$

nous avons écrit explicitement les x' et t dont les x_i dépendent.

Posons

$$Cf \equiv \sum_1^n{}_i \frac{\partial f}{\partial x_i}\left(X_i - \left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial t}\right]'\right).$$

Les conditions nécessaires et suffisantes deviennent

$$ACf = CAf.$$

Posons

$$Df \equiv \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_1^n{}_i \frac{\partial f}{\partial x_i}\left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial t}\right]'.$$

D'où

$$Cf = Af - Df,$$

et les conditions deviennent

$$\mathrm{AD}f = \mathrm{DA}f.$$

Je dis que $x'_1 \dots x'_n$ sont n *invariants* distincts de $\mathrm{D}f$.

En effet, on a

$$\mathrm{D}x_i \equiv \left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial t}\right]';$$

or

$$x_i \equiv [x_i(x', t)]',$$

d'où

$$\mathrm{D}x_i \equiv \sum_1^n {}_k \left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial x'_k}\right]' \mathrm{D}x'_k + \left[\frac{\partial x_i(x', t)}{\partial t}\right]',$$

d'où enfin

$$\mathrm{D}x'_k \equiv 0. \qquad k = 1 \dots n.$$

En résumé, pour que le changement de variables (3) transforme $\mathrm{A}f$ en un mouvement *stationnaire, il faut et il suffit que ce changement de variables soit défini par* n *invariants distincts d'une transformation infinitésimale formant avec* Af *un système jacobien.*

On peut donner à ces conditions une autre forme. Dans ce but, remarquons que la condition exprimée par l'égalité

$$\mathrm{AD}f = \mathrm{DA}f$$

est *équivalente* à celle qui exprime que les n invariants distincts $x'_1 \dots x'_n$ de $\mathrm{D}f$ fournissent les n invariants $\mathrm{A}x'_i$ de la transformation $\mathrm{D}f$; en effet, si les x'_i et $\mathrm{A}x'_i$ sont $2n$ invariants de $\mathrm{D}f$, on démontre aisément que $\mathrm{D}f$ et $\mathrm{A}f$ forment un système *jacobien,* et réciproquement de ce système jacobien et des invariants x'_i de $\mathrm{D}f$, on déduit les invariants $\mathrm{A}x'_i$ de $\mathrm{D}f$.

Donc, pour que le changement de variables (3) transforme $\mathrm{A}f$ en un mouvement *stationnaire, il faut et il suffit que ce changement de variables soit défini par* n *invariants distincts d'une transformation* Df *telle qu'on ait les identités*

$$\frac{\partial(\mathrm{A}x'_i, x'_1, \dots x'_n)}{\partial(t, x_1, \dots x_n)} = 0. \qquad i = 1 \dots n.$$

4. *Problème de M. Zorawski.* — Ce problème consiste aussi à transformer un mouvement *variable* en un mouvement *stationnaire,* grâce à un changement des variables dépendantes $x_1 \ldots x_n$, mais M. Zorawski ajoute une condition : la transformation Df laissera *invariante* une forme différentielle

$$\sigma \equiv \sum_1^n{}_i \sum_1^n{}_k a_{ik} \delta x_i \delta x_k,$$

où a_{ik} sont des fonctions quelconques des x et de t.

Aux conditions indiquées au n° 3, il faudra donc *joindre la condition*

$$D(\sigma) = 0.$$

Remarquons que $A(\sigma)$ sera aussi une forme différentielle *invariante* de Df, donc aussi

$$\sigma - SA(\sigma),$$

où S représente une constante arbitraire. Annulons le discriminant de cette forme quadratique; les n racines $x'_1 \ldots x'_n$ de cette équation en S seront n *invariants* (*) *de* Df; si ces n racines sont *distinctes,* les quantités $x'_1 \ldots x'_n$ ainsi obtenues joueront le même rôle que les invariants $x'_1 \ldots x'_n$ du n° 3.

En particulier, si nous supposons avec M. Zorawski que

$$\sigma \equiv \sum_1^n{}_i \delta x_i^2,$$

où $x_1 \ldots x_n$ sont des coordonnées rectangulaires, on aura

$$A(\sigma) \equiv \sum_1^n{}_i \sum_1^n{}_k \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_k} + \frac{\partial X_k}{\partial x_i}\right) \delta x_i \delta x_k \equiv \sum{}_i \sum{}_k X_{ik} \delta x_i \delta x_k.$$

Soient $x'_1 \ldots x'_n$ les n racines, supposées distinctes, de l'équation en S obtenue en annulant le discriminant de $\sigma - SA(\sigma)$,

---

(*) H. Poincaré, *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste,* t. III, p. 38.

c'est-à-dire de

$$\begin{vmatrix} X_{11} - S & X_{12} & \dots X_{2n} \\ X_{21} & X_{22} - S & \dots X_{1n} \\ \vdots & & \\ X_{n1} & \dots\dots\dots\dots & X_{nn} - S \end{vmatrix} = 0.$$

Les *conditions nécessaires et suffisantes deviennent* (Zorawski, n° 5 du mémoire cité) :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{\partial (A x'_i, \ x'_1 \dots x'_n)}{\partial (t, x_1 \dots x_n)} = 0 & \qquad i = 1 \dots n \\ \dfrac{\partial}{\partial x_i} \left(\dfrac{\Delta_k}{\Delta} \right) + \dfrac{\partial}{\partial x_k} \left(\dfrac{\Delta_i}{\Delta} \right) = 0, & \qquad k = 1 \dots n \end{array} \right.$$

où

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \equiv \dfrac{\partial (x'_1 \dots x'_n)}{\partial (x_1 \dots x_n)} \\ \Delta_i \equiv \dfrac{\partial (x'_1 \dots x'_{i-1} \ \ x'_i x'_{i+1} \dots x'_n)}{\partial (x_1 \dots x_{i-1} \ \ t \ \ x_{i+1} \dots x_n)}; \end{array} \right.$$

les dernières conditions écrites ci-dessus expriment les conditions nécessaires et suffisantes pour que $D(\sigma) = 0$, sachant que $x'_1 \dots x'_n$ sont n invariants distincts de Df.

Il ne reste plus qu'à donner la signification cinématique de ce problème.

Représentons par $x_1^0 \dots x_n^0$ les valeurs de $x_1 \dots x_n$ à l'instant t^0; on aura

$$\left\{ \begin{array}{ll} x'_i (x_1 \dots x_n, t) = x'_i (x_1^0 \dots x_n^0 \, t) & \qquad i = 1 \dots n \\ \sum_1^n {}_i \, (\delta x_i)^2 = \sum_1^n {}_i \, (\delta x_1^0)^2 & \\ x_i^0 = x_i^0 (x_1 \dots x_n, t), & \end{array} \right.$$

ces n dernières équations étant tirées des n premières; les $x_1^0 \dots x_n^0$ sont n invariants distincts de Df; ces n invariants pourront jouer le rôle des $x'_1 \dots x'_n$ considérés précédemment. Il en résulte immédiatement que le problème revient à chercher le mouvement (euclidéen) d'un n-èdre rectangulaire par rapport auquel un mouvement *variable* donné apparaîtrait *stationnaire*.

DUALITÉ.

5. *La dualité en cinématique.* — Dans mon *Étude sur les invariants intégraux*, j'ai insisté sur certaines cogrédiences, que je vais rappeler rapidement.

Soit

$$I_p \equiv \int \sum_{i_1 \dots i_p} M_{i_1 \dots i_p} \quad \delta x_{i_1} \dots \delta x_{i_p}$$

un invariant intégral p-uple de Af (voir n° 1). Considérons une solution aux variations p-uples définie par la *cogrédience*

$$\xi_{i_1 \dots i_p} < > \delta x_{i_1} \dots \delta x_{i_p} \qquad\qquad i_1, \dots i_p = 1 \dots n.$$

Enfin représentons par $\xi^{i_1 \dots i_p}$ une solution aux variations (n-p)-uples cogrédiente à $\delta x_1 \dots \delta x_n$ où l'on aurait supprimé $\delta x_{i_1}, \dots \delta x_{i_p}$; $(i_1 < i_2 \dots < i_p)$.

On aura les cogrédiences importantes

$$\frac{M_{i_1 \dots i_p}}{M} < > (-1)^{i_1 + \dots + i_p} \xi^{i_1 \dots i_p},$$

où M représente un multiplicateur de Jacobi, c'est-à-dire le coefficient qui figure dans un invariant intégral n-uple de Af.

Ces cogrédiences fournissent immédiatement la dualité en cinématique remarquée par M. Vessiot (note citée).

Généralisation d'une formule de Cauchy. — Considérons un mouvement défini par Af et supposons que cette transformation infinitésimale admette, outre le multiplicateur M (densité), l'invariant intégral relatif de Helmholtz (circulation) :

$$J_1 \equiv \int \sum_1^n {}_i \, X_i \, \delta x_i .$$

On en déduira l'invariant intégral 2-uple :

$$I_2 \equiv \int \sum_{ij} M_{ij}\, \delta x_i\, \delta x_j,$$

où

$$M_{ij} \equiv \frac{\partial X_i}{\partial x_j} - \frac{\partial X_j}{\partial x_i}.$$

Représentons encore par $x_1^0 \dots x_n^0$ les valeurs de $x_1, \dots x_n$ à l'instant t^0; il en résulte que

$$\sum_{ij} M_{ij}\, \delta x_i\, \delta x_j = \sum_{ij} M_{ij}(x^0, t^0)\, \delta x_i^0\, \delta x_j,$$

d'où

$$M_{ij} = \sum_{kl} M_{kl}(x^0, t^0) \frac{\partial (x_k^0 x_l^0)}{\partial (x_i x_j)}.$$

On trouvera de même que

$$M = M(x^0, t^0) \frac{\partial (x_1^0 \dots x_n^0)}{\partial (x_1 \dots x_n)},$$

d'où

$$\frac{M_{ij}}{M} = \sum_{kl} \frac{M_{kl}(x^0, t^0)}{M(x^0, t^0)} \; \frac{\dfrac{\partial (x_k^0 x_l^0)}{\partial (x_i\, x_j)}}{\dfrac{\partial (x_1^0 \dots\dots x_n^0)}{\partial (x_1 \dots\dots x_n)}}$$

$$= \sum_{kl} \frac{M_{kl}(x^0, t^0)}{M(x^0, t^0)} \left\{ \frac{\partial (x_i\, x_j)}{\partial (x_k^0\, x_l^0)} \right\}$$

où $\left\{ \dfrac{\partial (x_i x_j)}{\partial (x_k^0 x_l^0)} \right\}$ représente le mineur algébrique de $\dfrac{\partial (x_i x_j)}{\partial (x_k^0 x_l^0)}$ dans le jacobien des x par rapport aux x^0. Cette formule est équivalente à la cogrédience

$$\frac{M_{ij}}{M} < > (-1)^{i+j}\, \xi^{ij}.$$

Février 1912.

Physique. — **Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »,**

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

DEUXIÈME NOTE.

EXAMEN DE QUELQUES ANOMALIES.

Dans la première note publiée sous ce titre, j'ai montré que l'existence d'une constante de réfraction n'était pas propre aux solutions aqueuses seules, mais se manifestait également par l'étude des solutions non aqueuses, et j'ai appuyé mes dires par l'examen critique d'une quinzaine de mélanges binaires au sujet desquels j'ai trouvé des données dans la littérature.

Mais nombre de mélanges non aqueux, ainsi que quelques mélanges aqueux, ne révèlent pas des régularités aussi simples que celles que j'ai mises en évidence dans mes études précédentes, et si je n'en ai pas parlé plus tôt, c'est uniquement pour ne pas compliquer inutilement la question dès le début et pour chercher d'abord à dégager un peu mieux les causes de ces irrégularités qui sont, suivant les cas, de nature différente, comme j'ai déjà pu m'en convaincre. Ces « irrégularités » consistent en ce que l'on observe parfois une *augmentation de la densité* et une *diminution de l'indice de réfraction* (ou vice versa) pour un même mélange; en outre, si l'on cherche à calculer le rapport entre ces variations en faisant abstraction des signes, on trouve que ce rapport n'est en général pas constant, mais qu'il varie, d'une façon régulière, avec des quantités croissantes de l'un des corps en mélange, donnant lieu soit à une augmentation ou à une diminution de A. D'autres fois, bien que les variations de densité et d'indice aient lieu dans le même sens, la valeur de A varie très notablement avec la concentration dans un sens déterminé. Enfin, on constate parfois qu'une variation fort importante de l'indice est accompagnée d'une variation de la densité négligeable, mais toutefois ayant lieu dans le même sens; ou bien il arrive qu'à un changement très grand de la densité ne correspond qu'un changement minime de l'indice. Ce sont tous ces cas que je vais examiner et exposer d'une façon critique.

Une première observation fort importante que j'ai faite au sujet des solutions non aqueuses est que ces « anomalies » se présentent souvent quand l'un des liquides en mélange renferme du chlore ou, en général, un halogène. Ces corps forment un groupe bien caractérisé, et je débuterai par leur étude.

SYSTÈMES BINAIRES AVEC UN COMPOSANT HALOGÉNÉ.

I. — *Acétate d'éthyle + iodure d'éthyle.*

Des expériences sur ce système ont été entreprises par Hubbard (¹), dont j'ai eu l'occasion de rapporter, dans la première note à ce sujet, les essais très précis sur d'autres systèmes, pour lesquels A était remarquablement constant. Il ne peut donc y avoir de doute sur la valeur des données expérimentales, d'autant plus que ces deux corps ne présentent pas de difficultés particulières de purification et qu'il se produit par leur mélange une dilatation importante de la densité et de l'indice de réfraction ; or il est bien clair que l'exactitude de A est toujours d'autant plus grande que C_v et C_n sont eux-mêmes plus grands.

(¹) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 74 (1910), 207.

Acétate d'éthyle + iodure d'éthyle.

°/o acétate.	°/o iodure.	d 25°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	0,89422	0,89422	1,00000	0,000
80,918	19,082	0,99263	0,99588	1,00328	-0,328
64,993	35,007	1,09390	1,10027	1.00582	-0,582
50,483	49,517	1,20707	1,21640	1,00773	-0,773
40,259	59,741	1,30314	1,31422	1,00850	-0 850
31,471	68.529	1,39950	1,41175	1,00875	-0,875
25,434	74,566	1,47573	1,48761	1,00805	- 0,805
17,208	82,792	1,59373	1,60511	1,00714	-0,714
10,907	89,093	1,69938	1,70850	1,00537	-0,537
5.030	94,970	1,81215	1,81765	1,00304	-0 304
0,000	100,000	1,92282	1,92282	1,00000	0,000

°/o acétate.	°/o iodure.	n_C 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,36822	1,36822	1,00000	0,000	
80,918	19,082	1,37943	1,39243	1,00941	-0,941	*0,349*
64,993	35,007	1,39162	1,41329	1,01557	-1.557	*0,374*
50,483	49,517	1,40563	1.43285	1,01936	-1,936	*0,400*
40,259	59,741	1,41808	1,44697	1,02037	-2,037	*0,417*
31,471	68,529	1 43092	1,45932	1,01985	-1,985	*0,441*
25,434	74,566	1,44119	1,46793	1,01855	-1,855	*0,434*
17,208	82,792	1,45757	1,47982	1,01527	-1,527	*0,467*
10,907	89,093	1,47253	1,48905	1.01122	-1,122	*0,479*
5,030	94,970	1,48898	1,49777	1,00590	-0,590	*0,515*
0,000	100,000	1,50534	1,50534	1,00000	0,000	

°/o acétate.	°/o iodure.	n_D 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,000	0,000	1,37005	1,37005	1,00000	0,000	
80,918	19,082	1.38150	1,39470	1,00955	-0,955	*0,343*
64,993	35,007	1,39393	1,41595	1,01580	-1,580	*0,368*
50,483	49,517	1,40822	1,43592	1,01967	-1,967	*0,393*
40,259	59,741	1,42090	1,45030	1,02070	-2,070	*0,411*
31,471	68,529	1,43402	1,46291	1,02015	-2,015	*0,434*
25,434	74,566	1,44447	1,47171	1,01886	-1,886	*0,427*
17,208	82,792	1,46121	1,48385	1,01549	-1,549	*0,461*
10,907	89,093	1,47646	1,49329	1,01148	-1,148	*0,468*
5,030	94,970	1,49318	1,50222	1,00606	-0,606	*0,502*
0,000	100,000	1,50992	1,50992	1,00000	0,000	

°/₀ acétate	°/₀ iodure.	n_F 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0,000	1,37455	1,37455	1,00000	0,000	
80,918	19,082	1,38657	1,40036	1,00995	-0,995	*0,330*
64.993	35,007	1,39964	1.42268	1,01646	-1,646	*0,354*
50,483	49,517	1,41465	1,44363	1,02049	-2,049	*0,377*
40,259	59,741	1,42800	1 45877	1,02155	-2,155	*0,395*
31,471	68,529	1,44176	1,47202	1,02099	-2,099	*0,417*
25,434	74.566	1,45274	1,48157	1,01985	-1,985	*0,406*
17,208	82,792	1,47032	1,49408	1,01616	-1,616	*0.442*
10,907	89,093	1,48639	1,50419	1,01198	-1,198	*0,448*
5,030	94,970	1,50398	1,51345	1,00630	-0,630	*0,483*
0.000	100,000	1,52158	1,52158	1,00000	0,000	

°/₀ acétate.	°/₀ iodure.	$n_{G'}$ 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
—	—	—	—	—	—	—
100,000	0.000	1,37826	1,37826	1,00000	0,000	
80.918	19,082	1,39077	1,40511	1,01031	-1,031	*0,318*
64 993	35,007	1,40438	1,42831	1,01704	-1,704	*0,342*
50,483	49,517	1,42004	1,45016	1,02121	-2,121	*0,365*
40,259	59,741	1,43394	1,46593	1,02231	-2.231	*0,381*
31,471	68,529	1,44833	1,47980	1.02173	-2,173	*0,402*
25,434	74,566	1,45977	1,48945	1,02033	-2,033	*0,396*
17,208	82,792	1,47811	1,50281	1,01672	-1,672	*0,427*
10,907	89,093	1,49189	1,51323	1,01227	-1,227	*0,438*
5,030	94.970	1,51323	1 52307	1,00650	-0,650	*0,468*
0,000	100,000	1,53160	1,53160	1,00000	0,000	

La valeur de A, qui est 0,35 pour les solutions très riches en acétate d'éthyle, augmente jusqu'à atteindre 0,5 pour les solutions diluées, c'est-à-dire qu'elle grandit au fur et à mesure que le mélange renferme une quantité plus grande du composé iodé. Malgré l'absence de documents expérimentaux concernant la conductibilité des mélanges d'acétate d'éthyle et d'iodure d'éthyle, on aurait pu émettre l'hypothèse que la variation de A avec la concentration est due à une variation de l'état ionisé selon les proportions des composants, par analogie avec les observations que j'ai faites sur les solutions aqueuses (¹). Dans cette hypothèse, il faudrait évidemment admettre que c'est

---

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1910, 850.

l'iodure qui provoque la dissociation électrolytique de l'acétate (la supposition inverse paraît peu plausible). Mais s'il en était ainsi, il devrait y avoir vis-à-vis de la densité une diminution relative de l'indice de réfraction, si l'on s'en rapporte à ce que j'ai dit précédemment au sujet de l'influence de la dissociation. Donc, pour les solutions riches en iodure (= très ionisées dans cette hypothèse), la grandeur $-C_n$ serait représentée par un nombre relativement plus grand, ce qui provoquerait une diminution du rapport $\frac{-C_v}{-C_n}$, alors que c'est une augmentation que l'on observe. Il est donc bien clair que, même en l'absence de données expérimentales sur la conductibilité (qui est très faible, selon toute vraisemblance), ce n'est pas de ce côté qu'il faut chercher l'explication d'une variation aussi grande (dans le rapport de 7 à 10) de A.

Mais un des liquides en présence renferme de l'iode, alors que dans les études faites jusqu'à présent je n'ai pris en considération aucun couple liquide dont l'un des composants renfermât un halogène (¹), et les exemples qui vont suivre nous confirmeront dans l'opinion que tous les systèmes à composants halogénés présentent des « anomalies ». Pour en revenir aux mélanges d'acétate d'éthyle et d'iodure d'éthyle qui nous occupent, on peut en déduire que la présence du halogène fait varier l'une des deux propriétés physiques considérées (densité et indice), ou bien les deux à la fois, *dans une mesure non proportionnelle à la grandeur des changements survenus* (contraction ou dilatation), *mais vraisemblablement dans un rapport variable suivant la quantité du produit halogéné en présence dans le mélange.*

Le schéma I donne une représentation graphique du phénomène : si l'on joint les valeurs de $-C_n$ pour les différentes concentrations par une courbe *symétrique,* les variations de $-C_v$ seront représentées par une courbe *dissymétrique* dont le maxi-

---

(¹) J'excepte les hydracides halogénés, qui méritent une mention spéciale.

mum sera reculé vers la droite, c'est-à-dire vers 100 °/₀ d'iodure d'éthyle. Il est bien entendu que je ne veux pas nécessairement dire par là que c'est l'indice qui est « normal » et la densité qui est « anormale » : comme il ne s'agit que d'un *rapport,* je ne puis pas encore conclure dans l'un ou l'autre sens. Je pourrais donc tout aussi bien représenter, dans le schéma, C_v par une courbe symétrique et alors la courbe C_n serait dissymétrique et aurait son maximum vers la gauche, c'est-à-dire vers l'acétate d'éthyle pur. Si j'ai choisi la première représentation schématique, c'est qu'elle présente des facilités pour l'exposé et surtout pour la comparaison avec d'autres systèmes, comme on le verra dans ce qui suit.

Cette variation de A suivant la concentration n'empêche pas de constater l'influence de la dispersion : plus on se rapproche des petites longueurs d'onde, plus les valeurs de A deviennent faibles. Ceci correspond à une augmentation de la dilatation de l'indice par rapport à celle de la densité, ou, si l'on veut, à une diminution relativement plus grande pour la réfraction vers le violet du spectre. Le phénomène se présente donc absolument de la même manière que pour d'autres systèmes donnant lieu à des grandeurs C_v et C_n négatives, notamment tous les mélanges avec le sulfure de carbone.

II. — *Alcool propylique + bromure d'éthène.*

Un second exemple nous est fourni par l'étude du système alcool *n* . propylique + bromure d'éthène. Les expériences ont été faites par Schütt (¹), et la description des méthodes et des précautions prises peut donner la plus entière assurance au sujet de l'exactitude des données expérimentales. Ces essais de Schütt ont du reste toujours passé comme des modèles de précision, et les calculs auxquels je me suis livré confirment cette opinion. Cela apparaît surtout à propos de la densité, où,

---

(¹) *Zeitschr. für phys. Chemie,* 9 (1892), 351.

malgré les variations excessivement faibles, la courbe se poursuit avec une régularité vraiment remarquable.

Alors que pour la densité on constate une dilatation très faible, négligeable pour ainsi dire, l'indice de réfraction subit une distension énorme, atteignant 2.5 °/₀ pour certaines concentrations. Les valeurs de A sont par suite très faibles ; si la grandeur absolue de A offre pour le moment peu d'intérêt, il est par contre très intéressant de voir que, comme pour le système précédent, *A augmente avec la concentration en dérivé halogéné.* La différence consiste en ce que, dans le cas qui nous occupe, l'influence « perturbatrice » du halogène est marquée davantage, ce qui paraît bien être en rapport avec le fait que la molécule de bromure d'éthène renferme 2 atomes de Br, alors que dans le premier cas examiné on avait affaire à un dérivé monoiodé.

Graphiquement, nous aurons un schéma analogue au précédent, sauf que — C_v s'éloignera à peine de l'axe des abscisses, mais, comme dans l'exemple précité, son maximum sera déplacé vers la droite. Quant à l'influence de la dispersion, on constate que, conformément à la règle observée précédemment, — C_n augmente au fur et à mesure que l'on considère des λ plus courts. Si la chose se marque peu sur la valeur de A, c'est dû uniquement à la petitesse de — C_v.

Alcool propylique + bromure d'éthène.

°/₀ alcool.	°/₀ bromure.	d 18·07/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,0000	0,0000	0,80659	0.80659	1,00000	0,000
89,9916	10,0084	0,86081	0,860896	1,00010	-0,010
79,0484	20,9516	0,92908	0,92936	1,00030	-0,030
70.1649	29,8351	0,99300	0,993477	1,00048	-0,048
59,2680	40,7320	1.08453	1,085324	1,00073	-0,073
50,0516	49,9484	1,17623	1,177386	1 00098	-0,098
39,9060	60,0940	1,29695	1.298649	1,00131	-0,131
29,9877	70,0123	1,44175	1,444043	1,00159	-0,159
19,9107	80,0893	1,62640	1,62939	1,00184	-0,184
9,8088	90,1912	1,86652	1.869994	1,00186	-0,186
0,0000	100.0000	2,18300	2.18300	1 00000	0,000

°/₀ alc.	°/₀ brom.	n_{Li} 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
100,0000	0,0000	1,383919	1,383919	1,00000	0,000	
89,9916	10,0084	1,389551	1,397743	1,00590	-0,590	*0 017*
79,0484	20,9516	1,396690	1,413188	1,01181	-1,181	*0,025*
70,1649	29,8351	1,403405	1,425964	1,01607	-1,607	*0,030*
59,2680	40,7320	1,413118	1,441961	1,02041	-2,041	*0,036*
50,0516	49,9484	1,422890	1,455774	1,02311	-2,311	*0,042*
39,9060	60,0940	1,435944	1,471281	1,02461	-2,461	*0,053*
29,9877	70,0123	1,451726	1,486783	1,02415	-2,415	*0,066*
19,9107	80,0893	1,472145	1,502862	1,02087	-2,087	*0,088*
9,8088	90,1912	1,499120	1,519332	1,01348	-1,348	*0,137*
0,0000	100,0000	1,535674	1,535674	1,00000	0,000	

	n H_x 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
Alcool prop.	1,384249	1,384249	1,00000	0,000	
Solution I. . .	1,389897	1,398105	1,00591	-0,591	*0,0169*
— II . .	1,397065	1,413567	1,01181	-1,181	*0,0254*
— III .	1,403776	1 426392	1 01611	-1,611	*0,0298*
— IV . .	1,413486	1,442563	1,02057	-2,057	*0,0355*
— V . .	1,423322	1,456261	1,02314	-2,314	*0,0423*
VI . .	1,436372	1,471822	1,02468	-2,468	*0,0531*
— VII . .	1,452232	1,487350	1,02418	-2,418	*0,0658*
— VIII. .	1,472691	1,503465	1,02090	-2,090	*0,0880*
— IX . .	1,499709	1,519988	1,01352	-1,352	*0,1376*
Brom. d'éthène .	1,536370	1,536370	1,00000	0,000	

	n D 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
Alcool prop.	1,386161	1,386161	1,00000	0,000	
Solution I . .	1,391892	1 400188	1,00596	-0,596	*0,0168*
— II . .	1,399136	1,415869	1,01196	-1,196	*0,0251*
— III . .	1,405958	1,428843	1,01628	-1,628	*0,0295*
— IV . .	1,415815	1,445108	1,02069	-2,069	*0,0352*
— V .	1,425748	1,459130	1,02341	-2,341	*0,0419*
— VI . .	1,439013	1,474904	1,02494	-2,494	*0,0525*
— VII . .	1,455063	1,490646	1,02447	-2,447	*0,0650*
— VIII. .	1,475796	1,507023	1,02116	-2,116	*0,0869*
— IX . .	1,503227	1,523763	1,01366	-1,366	*0,1362*
Brom. d'éthène .	1,540399	1,540399	1,00000	0,000	

	n Tl 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A
Alcool prop. . .	1,388257	1,388257	1,00000	0,000	
Solution I . .	1,394071	1,402505	1,00605	-0,605	*0,0165*
— II . .	1,401427	1,418379	1,01210	-1,210	*0.0248*
— III . .	1,408336	1,431557	1,01649	-1,649	*0,0291*
— IV . .	1,418350	1,448079	1 02096	-2,096	*0,0348*
— V . .	1,428441	1,462309	1,02369	-2,369	*0,0414*
— VI . .	1,441922	1,478350	1,02526	-2,526	*0,0518*
— VII . .	1,458210	1,494344	1,02478	-2,478	*0,0642*
— VIII. .	1,479301	1,510962	1,02141	-2,141	*0,0859*
— IX	1,507141	1,528001	1,01384	-1,384	*0,1344*
Brom. d'éthène .	1,544917	1,544917	1,00000	0,000	

	n H_β 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
Alcool prop. . .	1,390775	1,390775	1 00000	0,000	
Solution I. . .	1,396690	1,405264	1,00615	0,615	*0.0162*
— II . .	1,404199	1,421464	1,01230	-1.230	*0,0244*
— III .	1,411238	1,434885	1,01676	-1,676	*0.0286*
— IV . .	1,421414	1,451695	1,02130	-2,130	*0,0343*
— V . .	1,431731	1,466233	1,02410	-2,410	*0,0407*
— VI . .	1,445434	1,482556	1,02596	-2,596	*0,0505*
— VII .	1,462076	1 498868	1,02441	-2,441	*0,0651*
— VIII. .	1,483591	1,516162	1,02195	-2,195	*0,0839*
— IX . .	1,511956	1,533225	1,01407	-1,407	*0,1322*
Brom. d'éthène .	1,550501	1,550501	1 00000	0,000	

	n H_γ 18°07.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
Alcool prop. . .	1,394543	1,394543	1,00000	0,000	
Solution I . .	1,400633	1,409423	1,00627	-0,627	*0,0162*
— II . .	1,408338	1,426066	1,01259	-1,259	*0,0238*
— III . .	1 415559	1 439863	1,01717	-1,717	*0,0280*
— IV . .	1,426050	1,457152	1,02181	-2,181	*0,0335*
— V . .	1,436656	1,472104	1 02468	-2,468	*0,0397*
— VI . .	1,450766	1,488915	1,02630	-2,630	*0,0498*
— VII .	1,467899	1,505956	1,02592	-2,592	*0,0613*
— VIII. .	1,490018	1,523229	1,02229	-2,229	*0,0826*
— IX . .	1,519293	1,541164	1,01440	-1,440	*0,1292*
Brom. d'éthène .	1,558986	1,558986	1,00000	0,000	

III. — *Alcool éthylique + chloroforme.*

Comme suite aux deux exemples précédents, il était intéressant de voir comment les choses se passent avec un corps renfermant 3 atomes de halogène dans la molécule. Mais au sujet des mélanges alcool éthylique + chloroforme, dont l'étude est toute indiquée, il n'existe encore que des essais sur la densité. J'en parlerai pourtant en cet endroit, parce que ceux-ci sont particulièrement intéressants et nous permettent de prévoir les résultats en ce qui concerne l'indice de réfraction. Ces essais sont dus à Drecker (¹) et ont été faits à trois températures différentes entre 19° et 31°. Les calculs m'ont donné le résultat très inattendu à première vue que les solutions de 0 °/₀ à 70 °/₀ $CHCl_3$ donnent lieu à une contraction, alors que deux mélanges plus riches en chloroforme produisent une dilatation, particularité qui subsiste aux trois températures étudiées. Si pour chaque mélange on examine la variation de C_v avec la température, on constate que les différentes courbes obtenues sont inclinées dans le même sens, c'est-à-dire qu'il y a diminution de la contraction et augmentation de la dilatation; pour les mélanges riches en chloroforme, le coefficient de variation avec la température est assez grand; mais il diminue au fur et à mesure que l'on passe à des solutions plus pauvres en chloroforme, et finalement les courbes deviennent presque parallèles à l'axe des abscisses.

Si on considère les variations de la densité pour les trois systèmes étudiés, on voit que, dans le cas où l'un des constituants ne contient qu'un seul atome de halogène dans sa molécule, il y a une dilatation importante pour tous les mélanges, quel que soit leur titre; pourtant, plus la quantité du composé iodé est faible, plus la courbe C_v tend-elle à se rapprocher de l'axe des abscisses, alors que la courbe C_n n'accuse pas cette tendance. C'est ce qui se marque par l'augmentation de la

---

(¹) *Wied. Annalen*, 20 (1883), 872.

valeur de A vers les mélanges renfermant le plus d'iodure d'éthyle.

Si l'on passe au second système, où l'une des substances en mélange renferme deux atomes de halogène, on constate que la tendance de la densité à donner une contraction — surtout pour les solutions pauvres en bromure — est beaucoup plus accusée que dans le cas précédent, alors que l'indice de réfraction continue à donner une dilatation très marquée.

Si nous passons enfin au troisième système, où l'une des substances renferme dans la molécule trois atomes de halogène, la tendance de la courbe, indiquée dans les systèmes précédents, s'est réalisée en une contraction, mais seulement jusque 70 °/o de chloroforme, les mélanges plus concentrés présentant encore une légère dilatation. Il suit que l'on paraît bien être en droit de faire une hypothèse concernant la réfraction de ce système et que l'on peut admettre qu'il y a, comme pour les deux autres couples, une dilatation assez grande de l'indice pour toutes les concentrations. Ce ne sera pas nécessairement une courbe tout à fait symétrique comme je l'ai indiqué dans le schéma III, mais elle sera en tout cas du genre des courbes C_n des deux systèmes précédents. Il sera très intéressant de voir si l'expérience confirme cette hypothèse et si mon raisonnement est assis sur des bases solides; et, dans le cas contraire, il faudra rechercher une autre explication pour le système alcool + chloroforme.

Alcool éthylique + chloroforme.

°/o alcool.	°/o chlor.	d 19°46.	d_v.	$d_v : d$.	C_v
100,000	0,000	0,79470	0,79470	1,00000	0,000
90,030	9,970	0,83396	0,83340	0,99933	0,067
79,969	20,031	0,87767	0,87647	0,99863	0,137
70,000	30,000	0,92551	0,92377	0,99812	0,188
59,958	40,042	0,97891	0,97688	0,99793	0,207
49,971	50,029	1,03838	1,03612	0,99782	0,218
40.074	59,926	1,10482	1,10236	0,99777	0,223
30,037	69,963	1,17976	1,17880	0,99919	0.081
19,939	80,061	1,26709	1,26720	1,00009	-0,009
10,349	89,651	1,36359	1,36437	1,00057	-0,057
0,000	100,000	1,48746	1,48746	1,00000	0.000

°/o alcool.	°/o chlor.	*d* 25° 42.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	0 78961	0,78961	1,00000	0,000
90,030	9,970	0,82861	0 82803	0,99930	0,070
79,969	20,031	0,87195	0,87079	0,99867	0,133
70,000	30,000	0,91941	0,91773	0.99817	0,183
59,958	40,042	0 97250	0,97043	0.99787	0,213
49,971	50,029	1,03131	1,02921	0,99796	0,204
40,074	59,926	1,09694	1,09496	0,99819	0,181
30,037	69,963	1,17164	1.17075	0,99925	0,075
19,939	80,061	1,25828	1,25843	1.00012	-0,012
10,349	89,651	1,35340	1,35478	1 00102	-0,102
0,000	100,000	1,47680	1,47680	1,00000	0,000

°/o alcool.	°/o chlor.	*d* 30°96.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,000	0,000	0 78483	0.78483	1,00000	0,000
90,030	9,970	0,82351	0,82296	0,99933	0,067
79,969	20,031	0,86652	0,86539	0,99870	0,130
70,000	30,000	0,91354	0.91198	0,99829	0,171
59,958	40,042	0 96619	0,96427	0,99801	0,199
49,971	50,029	1,02442	1,02258	0,99820	0,180
40,074	59,926	1,08944	1,08777	0,99847	0,153
30,037	69,963	1,16346	1,16295	0,99956	0 044
19,939	80.061	1,24931	1,24987	1 00045	-0,045
10,349	89,651	1,34367	1,34535	1.00125	-0,125
0,000	100,000	1 46624	1,46624	1,00000	0,000

IV. — *Sulfure de carbone + chloroforme.*

Le sulfure de carbone s'étant révélé comme un solvant très favorable à l'étude qui m'occupe, je l'ai étudié dans ses mélanges avec le chloroforme. Ces expériences ont été exécutées en 1911 à l'Institut de chimie générale de l'Université de Pise, de même que celles qui se rapportent aux systèmes sulfure de carbone + chlorure stannique et sulfure de carbone + éther, dont la relation va suivre. Je me fais un plaisir de remercier vivement M. le Prof^r R. Nasini pour l'accueil bienveillant qu'il m'a réservé dans son laboratoire et l'intérêt qu'il a pris à mes recherches (1).

---

(1) Pour les méthodes et appareils, voir : *Sur la densité et la réfraction du furfurol et de ses solutions aqueuses.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1911, p. 641.)

La densité des liquides purs dont je me suis servi est : pour le CS_2 1,26037 à 21°0 et 1,24069 à 34°2; pour le $CHCl_3$, 1,47571 à 22°0 et 1,44307 à 39°5. Pour les solutions soumises à l'examen, on a les résultats suivants :

I. — *80,8467* $^{\circ}/_{\circ}$ CS_2 + *19,1533* $^{\circ}/_{\circ}$ $CHCl_3$.

t°.	$d\ t^{\circ}/4^{\circ}$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
29°15	1,27966	1,28459	1,00370	0,370
33°9	1,27344	1,27856	1,00402	0,402

II. — *65,1937* $^{\circ}/_{\circ}$ CS_2 + *34,8063* $^{\circ}/_{\circ}$ $CHCl_3$.

27°7	1,31066	1,31780	1,00545	-0,545
33°0	1,30240	1,31012	1 00593	-0,593

III. — *49,3790* $^{\circ}/_{\circ}$ CS_2 + *50,6210* $^{\circ}/_{\circ}$ $CHCl_3$.

27°7	1,34150	1,35073	1,00688	-0.688
33°85	1.33358	1,34356	1,00748	-0.748

IV. — *41,0595* $^{\circ}/_{\circ}$ CS_2 + *58,9405* $^{\circ}/_{\circ}$ $CHCl_3$.

27°8	1,35928	1,36857	1 00683	-0,683
33°95	1,34857	1.35864	1,00739	-0,739

V. — *24,2424* $^{\circ}/_{\circ}$ CS_2 + *75,7576* $^{\circ}/_{\circ}$ $CHCl_3$.

29°0	1,39727	1,40434	1.00506	-0,506
33°35	1,38917	1,39713	1,00573	-0,573

On constate que tous les mélanges donnent lieu à une dilatation de la densité et que celle-ci augmente assez rapidement avec l'élévation de température, c'est-à-dire que les courbes de dilatation s'éloignent de l'axe des abscisses. La méthode que j'ai employée ne me permettait pas de travailler à une température plus basse que celle du laboratoire qui, pendant la période estivale, a parfois dépassé 29°; d'autre part, les expériences faites au delà de 36° n'avaient plus la précision requise à cause de la mobilité du mélange et du point d'ébullition très bas (44° pour CS_2). Je n'ai donc fait les essais qu'à deux températures assez rapprochées. Drecker (*loc. cit.*) a fait des déterminations de densité à trois températures qui concordent bien avec mes essais; toutefois, l'augmentation de la dilatation avec la température est moins forte suivant les expériences de cet auteur que suivant les miennes. Je transcris ci-dessous les valeurs C_v aux trois températures (calculées d'après Drecker) :

°/o CS_2.	°/o $CHCl_3$.	18°58.	27°75.	35°86.
82,626	17,374	-0,357	-0,360	-0,387
66,400	33,600	-0,584	-0,581	-0,606
56,043	43,957	-0,637	-0,647	-0,674
46,379	53,621	-0,682	-0,689	-0,713
39,834	60,166	-0,676	-0,688	-0,714
27,688	72,312	-0,592	-0,607	-0,618
17,702	82,298	-0,459	-0,470	-0,484
9,680	90,320	-0,293	-0,285	-0,295

Mes déterminations concordent bien avec celles de Linebarger (1), qui peuvent être considérées comme très exactes.

Quant à l'indice de réfraction des corps purs, il est :

CS_2 t°.	Hα.	He.	Hβ.	Hγ.
19°1	1,61822	1,62783	1,65238	1,67523
28°3	1,61114	1,62070	1,64488	1,67230

$CHCl_3$ t°.	Hα.	He.	Hβ.	Hγ.
22°7	1 44069	1 44320	1,44946	1,45460
35°4	1,43293	1,43548	1 44158	1,44671

---

(1) *Amer. Chem. Journ.*, 28 (1896).

Pour les solutions, on peut voir dans les tables ci-dessous que les grandeurs observées sont toujours plus élevées que les nombres théoriques, c'est-à-dire qu'il y a *contraction*.

	t°.	$n\,\mathrm{H}_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I. .	27°8	1,57867	1,57500	0,99768	0,232	-0,358	*1,543*
— II .	26°6	1,55231	1,54726	0,99675	0,325	-0,534	*1,643*
— III .	26°1	1,52554	1,51969	0,99616	0,384	-0,673	*1,753*
— IV .	26°0	1,51119	1,50547	0,99626	0,374	-0,667	*1,783*
— V. .	28°5	1,47944	1,47578	0 99753	0,247	-0,500	*2,024*

	t°.	$n\,\mathrm{He}$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I. .	27°8	1,58706	1,58455	0,90736	0,264	-0,358	*1,356*
— II .	26°6	1,55971	1,55401	0.99635	0,365	-0,534	*1,463*
— III .	26°1	1 53157	1,52529	0,99590	0,410	-0,673	*1.641*
— IV .	26°0	1,51669	1,51078	0,99610	0,390	-0,667	*1,710*
— V. .	28°5	1,48382	1,47973	0,99725	0 275	-0,500	*1,818*

	t°.	$n\,\mathrm{H}_\beta$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I. .	27°8	1,60869	1,60393	0,99704	0,296	-0,358	*1,210*
— II .	26°6	1,57776	1,57166	0,99614	0,386	-0,534	*1,384*
— III .	26°1	1,54656	1,53886	0,99567	0,433	-0,773	*1,554*
— IV .	26°0	1,53015	1,52353	0,99568	0,432	-0.697	*1,544*
— V. .	28°5	1,59420	1,48976	0,99703	0,297	-0,500	*1,683*

	t°.	$n\,\mathrm{H}_\gamma$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I .	27°8	1,62775	1,62232	0,99666	0,334	-0,358	*1,072*
— II .	26°6	1,59405	1,58706	0,99562	0,438	-0,534	*1,219*
— III .	26°1	1,56006	1,55246	0,99513	0,487	-0,673	*1,382*
— IV .	26°0	1,54215	1,53473	0,99519	0,481	-0,667	*1,387*
— V .	28°5	1.50333	1 49834	0,99668	0,332	-0,500	*1,506*

On constatera de plus que si l'on élève la température, la contraction de l'indice diminue, c'est-à-dire que l'inclinaison des courbes C_n est la même que celle des courbes C_v :

	t°.	n H$_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	*A*
Solut. I .	35°7	1,57319	1,57003	0,99799	0,201	-0,415	*2,060*
— II .	33°1	1,54754	1,54330	0 99726	0,274	-0 594	*2,168*
— III .	36°35	1 51794	1,51315	0,99685	0,315	-0,760	*2,410*
— IV .	36°55	1.50335	1,49875	0,99694	0,306	-0,762	*2,492*
— V .	33°8	1,47575	1,47256	0,99784	0,216	-0,575	*2,662*

	t°.	n He.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	*A.*
Solut. I .	35°7	1,58148	1,57803	0,99782	0,218	-0,415	*1,904*
— II .	33°1	1,55457	1,55005	0 99709	0,291	-0,594	*1,041*
— III	36°35	1,52391	1,51881	0,99666	0,334	-0,760	*2,275*
— IV .	36°55	1,50874	1,50385	0,99676	0,324	-0,762	*2,350*
— V .	33°8	1,47992	1,47652	0,99772	0,228	-0,575	*2.522*

	t°.	n H$_\beta$.	n_v	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	*A.*
Solut. I .	35°7	1,60216	1,59785	0,99731	0,269	-0 415	*1,544*
— II .	33°1	1,57243	1,56688	0,99647	0,353	-0,594	*1,685*
— III .	36°35	1,53886	1,53261	0 99595	0,405	-0,760	*1,877*
— IV .	36°55	1,52217	1,51623	0,99610	0,390	-0,762	*1,925*
— V .	33°8	1,49034	1,48628	0,99728	0 272	-0,575	*2,114*

	t°.	n H$_\gamma$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	*A.*
Solut. I .	35°7	1,62101	1,61600	0,99691	0,309	-0,415	*1,343*
— II .	33°1	1,58865	1.58213	0,99590	0,410	-0.594	*1,449*
— III .	36°35	1 55229	1,54538	0,99555	0,445	-0,760	*1,708*
— V .	33°8	1,49923	1,49472	0,99699	0,301	-0,575	*1,910*

Si l'on prend le rapport entre les valeurs de $- C_v$ et $+ C_n$ en faisant abstraction des signes, on obtient des valeurs A augmentant régulièrement avec la concentration en chloroforme.

Pour peu que la température s'élève, la valeur de A augmente assez considérablement; en effet, comme je l'ai dit, les courbes exprimant pour une concentration déterminée les variations de $-C_v$ et C_n avec la température sont inclinées dans le même sens, ce qui fait que, si l'on calcule le rapport A en faisant abstraction des signes, la chose se passe comme si la température faisait varier C_v et C_n dans des sens différents. Naturellement la valeur de A variera beaucoup au moindre changement de température.

Aussi ne doit-on pas attribuer beaucoup d'importance aux nombres absolus représentant la valeur de A; je n'ai calculé cette grandeur que pour montrer qu'elle variait dans un sens déterminé, subissant une augmentation régulière avec l'augmentation de la quantité de composé chloré. Si je reprends mon mode de représentation schématique, j'obtiens la figure IV, où C_n est positif et représenté par une courbe symétrique et C_v, négatif, par une courbe dissymétrique par rapport à la première: son maximum se trouve reculé vers le chloroforme pur, ce qui répond aux observations précédentes. Il y a pourtant une différence consistant en ce que l'indice de réfraction s'est contracté, alors qu'il subissait une dilatation dans les autres systèmes; la densité, par contre, a subi une dilatation plus considérable que la variation en sens inverse de l'indice, alors que les systèmes précédents accusaient soit une contraction, soit une faible tendance à la dilatation. Ceci n'est pas étonnant si l'on songe que l'un des liquides employés est le sulfure de carbone qui, dans les mélanges où il se comporte « normalement », donne toujours lieu à des variations négatives de la densité et de l'indice, alors qu'en général la plupart des couples se forment avec contraction.

Quant à l'influence de la dispersion, elle se marque très nettement et est conforme à toutes les observations précédentes. Les grandeurs C_n augmentent au fur et à mesure que l'on considère des λ plus courts; vu que C_n est positif (contraction), cela correspond à une augmentation de l'indice de réfraction relativement plus grande pour les petites longueurs d'onde. Dans les tables, la chose se marque par une diminution du rapport A se produisant aux deux températures étudiées.

V. — *Sulfure de carbone + chlorure stannique.*

J'ai entrepris également l'étude du système $CS_2 + SnCl_4$, qui est particulièrement délicate au point de vue expérimental, à cause de l'altérabilité du chlorure stannique à l'air. Sa densité, à l'état pur, est : 2,21355 à 23°3 et 2,12436 à 58°0. Pour les mélanges, on obtient la table suivante :

I. — *86,1718 °/₀ sulfure de carbone + 13,8282 °/₀ chlorure stannique.*

t°.	*d t°/4°*.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
25°9	1,33067	1,33299	1,00174	-0,174
34°5	1,31700	1,31937	1,00180	-0,180

II. — *72,7590 °/₀ sulfure de carbone + 27,2410 °/₀ chlorure stannique.*

25°2	1,41697	1,42165	1,00330	-0,330
34°2	1,40184	1 40657	1,00337	-0,337

III. — *61,395 °/₀ sulfure de carbone + 38,605 °/₀ chlorure stannique.*

24°5	1,50003	1,50669	1,00425	-0,425
34°3	1,48290	1,48931	1,00432	-0,432

IV. — *55,6915 °/₀ sulfure de carbone + 44,3085 °/₀ chlorure stannique.*

25°9	1,54270	1,55011	1,00480	-0,480
34°45	1,52696	1,53444	1,00490	-0,490

V. — *33,6136 °/₀ sulfure de carbone + 66,3864 °/₀ chlorure stannique.*

26°5	1,74819	1,75621	1,00459	-0,459
34°6	1,73114	1,73947	1,00481	-0,481

VI. — *19,2848 °/₀ sulfure de carbone + 80,7152 °/₀ chlorure stannique.*

25°1	1,91772	1,92439	1,00348	-0,348
34°5	1,89828	1,90512	1 00360	-0,360

Il y a dilatation de la densité atteignant, à son maximum, 0.5 °/₀ environ. Quant au coefficient de température, il est faible et correspond, pour toutes les concentrations étudiées, à une légère augmentation de — C_v, ce qui équivaut à un éloignement de l'axe des abscisses quand la température s'élève.

Les expériences relatives à l'indice de réfraction présentaient, plus encore que celle de densité, de grandes difficultés à cause de la vive aptitude réactionnelle et de l'altérabilité du produit; j'ai pu les réussir en me servant d'un prisme platiné intérieurement. Pour le chlorure stannique pur, j'ai trouvé :

t°.	H_α.	He.	H_β.
27°1	1,50383	1,50751	1,51853
42°7	1,49349	1,49795	1,50902

A 20°, on aurait pour la raie jaune du He le nombre 1,51186, alors que pour la raie D du sodium, qui lui est presque identique, on a, d'après Gladstone (¹), 1,5124 et, d'après Haagen (²), 1,5112; mes résultats concordent aussi suffisamment bien avec ceux de ce dernier auteur en ce qui concerne les raies de l'hydrogène.

(¹) *Journ. of Chem. Soc., Tr.*, 59 (1891), 290.

(²) *Poggend. Annalen*, 131 (1867).

Dans ses mélanges avec CS_2, l'indice de réfraction subit à tous les titres examinés une *contraction*, c'est-à-dire l'inverse de la densité, qui subit une dilatation; de plus, si on calcule le rapport A en faisant abstraction des signes, on constate par l'examen de la table que sa valeur *augmente* au fur et à mesure que le mélange renferme plus de chlorure stannique. Qualitativement, le schéma est exactement le même que celui du système précédent, où le CS_2 était mélangé avec du chloroforme qui contient trois atomes de chlore dans chaque molécule. La différence, d'ordre quantitatif, consiste en ce que dans le cas d'une molécule tétrachlorée, comme celle du chlorure stannique, C_n est relativement plus grand et C_v plus petit. Cela se marque dans la grandeur de A qui est trois fois plus petite environ que dans le cas précédent. Mais comme je l'ai déjà dit, il faut attacher plus d'importance à l'allure des courbes et au sens de l'augmentation de A qu'aux nombres absolus qui représentent cette valeur. Il serait prématuré de s'étendre sur des considérations théoriques tirées de la comparaison entre le chloroforme et la chlorure stannique en solution dans le sulfure de carbone; ces deux corps sont trop différents. Il ne faut pas oublier, en effet, que si l'on peut maintenant s'orienter en ce qui concerne l'influence sur la valeur de A de différents éléments et groupements organiques, on ne le peut pas encore en ce qui concerne les corps à caractère métallique plus ou moins prononcé, tels que, par exemple, l'étain qui nous intéresse pour l'instant. Il faudrait naturellement étudier d'abord les métaux dans des combinaisons où ils se comportent comme « normaux » dans des solvants non halogénés; on élimine par là tous les dérivés chlorés, bromés et iodés métalliques, et il ne reste guère que des composés à point de fusion très élevé qu'on ne peut pas soumettre à l'étude dont il s'agit. La seule direction de recherches que j'entrevois pour le moment est l'étude des combinaisons organométalliques, impossible naturellement en solution aqueuse, mais dont l'examen pourrait être tenté dans un autre milieu (CS_2 ou éther, par exemple), quoique l'on doive s'attendre à des difficultés sans nombre. Les carbonyles métalliques (de nickel, de fer) mériteraient aussi d'attirer l'attention à ce sujet; quant aux métaux alcalins, leur étude pourrait peut-être se faire sur les sels des acides gras dont les points de fusion ne sont pas par trop élevés.

Pour en revenir au système $CS_2 + SnCl_4$ qui nous occupe, on constate que l'influence de la dispersion est la même que partout précédemment et, en particulier, que dans le système $CS_2 + CHCl_3$: augmentation de C_n vers le violet du spectre, d'où diminution de A.

	$t°$.	$n\ H_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I.	25°7	1,60225	1,59741	0,99679	0,321	-0,174	*0,542*
— II.	24°95	1,59090	1,58243	0,99468	0,532	-0,330	*0,623*
— III.	23°7	1,58077	1,57055	0,99353	0,647	-0,425	*0,657*
— IV.	24°2	1,57448	1,56237	0,99307	0,693	-0,478	*0,690*
— V.	26°2	1,54879	1,53865	0,99345	0,655	-0,459	*0,701*
— VI.	25°15	1,53104	1,52415	0,99550	0,450	-0,348	*0,773*

	$t°$.	n He.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I.	25°7	1,61160	1,60588	0,99651	0,349	-0,174	*0,500*
— II.	24°95	1,59953	1,59045	0,99432	0,568	-0,330	*0,581*
— III.	23°7	1,58898	1,57799	0,99308	0,692	-0,425	*0,614*
— IV.	24°2	1,58234	1,57104	0,99260	0,740	-0,478	*0,646*
— V.	26°2	1,55535	1,54464	0,99311	0,689	-0,459	*0,666*
— VI.	25°15	1,53690	1,52944	0,99519	0,481	-0,348	*0,723*

	$t°$.	$n\ H_\gamma$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
	—	—	—	—	—	—	—
Solut. I	25°7	1,63497	1,62801	0,99580	0,420	-0,174	*0,414*
— II	24°95	1,62130	1,61046	0,99332	0,668	-0,330	*0,494*
— III	23°7	1,60953	1,59674	0,99205	0,795	-0,425	*0,535*
— IV	24°2	1,60211	1,58889	0,99175	0,825	-0,478	*0,570*
— V.	26°2	1,57188	1,55965	0,99222	0,778	-0,459	*0,590*
— VI.	25°15	1,55149	1,54279	0,99439	0,561	-0,348	*0,620*

L'influence de l'élévation de température est aussi exactement la même que dans le système précédent : l'inclinaison dans le même sens des courbes donnant la variation de C_n et de C_v avec la température produit, à tous les titres examinés, une diminution de C_n. Comme C_v subit une augmentation et que l'on fait abstraction des signes dans le calcul de A, il suit que ces deux effets s'ajoutent et produisent sur A une variation relativement considérable pour un faible changement de température.

	t°.	$n\,\mathrm{H}_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
Solut. I.	34°1	1,59568	1,59084	0,99697	0,303	-0,180	*0,594*
— II	34°1	1,58404	1,57576	0,99477	0,523	-0,337	*0,644*
— III.	34°1	1,57272	1,56323	0,99396	0,604	-0,432	*0,715*
— IV.	36°1	1,56587	1,55560	0,99344	0,656	-0,492	*0,750*
— V.	35°5	1,54196	1,53245	0,99383	0,617	-0,483	*0,783*
— VI.	37°4	1,52282	1,51632	0,99573	0,427	-0,364	*0,852*

	t°.	$n\,\mathrm{He}$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
Solut. I.	34°1	1,60476	1,59958	0,99677	0,323	-0,180	*0,557*
— II.	34°1	1,59259	1,59358	0,99447	0,553	-0,337	*0,610*
— III.	34°1	1,58092	1,57063	0,99349	0,651	-0,432	*0,663*
— IV.	36°1	1,57346	1,56270	0,99316	0,684	-0,492	*0,719*
— V.	35°5	1,54852	1,53846	0,99350	0,650	-0,483	*0,743*
— VI.	37°4	1,52862	1,52182	0,99555	0,445	-0,364	*0,818*

	t°.	$n\,\mathrm{H}_\beta$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	C_v.	A.
Solut. I.	34°1	1,62752	1,62151	0,99630	0,370	-0,180	*0,487*
— II.	34°1	1,61410	1,60380	0,99362	0,638	-0,337	*0,528*
— III.	34°1	1,60167	1,58914	0,99218	0,782	-0 432	*0,552*
— IV.	36°1	1,59317	1,58038	0,99197	0,803	-0,492	*0,612*
— V	35°5	1,56515	1,55337	0,99248	0,752	-0,483	*0,642*
— VI.	37°4	1,54305	1,53480	0,99465	0,535	-0,364	*0,680*

Chloroforme + chlorure stannique.

J'ai fait quelques essais d'orientation en remplaçant, dans le système précédent, le sulfure de carbone par le chloroforme.

Le chlorure stannique se dissout également très bien dans ce dernier, mais donne lieu à une *contraction de la densité* et à une *dilatation de l'indice de réfraction*. L'étude complète n'en est pas terminée, et je ne sais pas dans quel sens A varie avec la concentration. Remarquons que ce système binaire doit être plus compliqué que les précédents, puisque les deux constituants renferment du chlore en grande quantité.

Éther éthylique + sulfure de carbone.

Bien qu'il ne s'agisse plus de composés halogénés, j'intercalerai ici mes expériences relatives aux mélanges d'éther et de sulfure de carbone, qui donnent lieu à des variations de même signe (négatives), mais qui présentent cette particularité que les changements de la densité sont minimes, alors que ceux de l'indice sont très grands.

La densité de l'éther pur, soigneusement distillé après purification par le sodium, est : 0.70920 à 23°75 et 0.69894 à 32°3. Pour le CS_2, voir plus haut. Cinq solutions ont été examinées à deux températures, et la table suivante indique leur densité ainsi que les valeurs —C_v.

I. — *79.7398 °/o éther + 20,2602 °/o sulfure de carbone.*

t°.	*d t°/4°.*	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
25°5	0,77530	0,77563	1,00042	-0,042
31°45	0,76788	0,76817	1,00038	-0,038

II. — *59.9864 °/o éther + 40,0146 °/o sulfure de carbone.*

23°05	0,85919	0,85984	1,00076	-0,076
31°65	0,84799	0,84855	1,00066	-0,066

III. — *41,5400 °/o éther + 58,4600 °/o sulfure de carbone.*

23°7	0,95077	0,95157	1,00084	-0,084
30°0	0,94204	0,94277	1,00077	-0,077

IV. — *29,6571 $^o/_o$ éther + 70,3429 $^o/_o$ sulfure de carbone.*

25°0	1,02038	1,02117	1,00077	-0,077
31°8	1,01067	1,01141	1,00073	-0,073

V. — *20,3505 $^o/_o$ éther + 79,6495 $^o/_o$ sulfure de carbone.*

24°25	1,08508	1,08584	1,00070	-0,070
31°5	1,07455	1.07526	1,00066	-0,066

On voit d'après ces essais que tous les mélanges donnent lieu à une dilatation très faible et que la courbe qui réunit les valeurs de — C_v aux différentes concentrations est régulière. Si on élève la température, — les expériences deviennent très difficiles au delà de 30° — on constate une légère diminution de — C_v.

Pour ce qui concerne l'indice de réfraction, j'ai trouvé pour l'éther pur :

t^o.	H_α.	He.	H_β.	H_γ.
24°8	1,34788	1,34974	1,35396	1,35743
29°7	1,34479	1,34665	1,35085	1,35431

Toutes les solutions examinées accusent une dilatation très forte, allant jusqu'au delà de 2 $^o/_o$, c'est-à-dire de 25 à 30 fois plus grande que celle de la densité. La valeur de A n'excéderait donc pas 0,04; je ne l'ai pas calculée, car elle est — forcément — peu régulière. Si même elle varie dans le rapport de 1 à 1,5 d'une concentration à l'autre, on ne peut attribuer aucune signification à cette variation, puisqu'on peut la considérer comme rentrant dans les limites des erreurs d'expérience en ce qui concerne la densité. Car on ne peut pas espérer avec des produits aussi mobiles et dans une zone de température tellement voisine du point d'ébullition d'atteindre l'exactitude à laquelle Schütt est arrivé pour ses mélanges de bromure d'éthène + alcool propylique (p. 259).

	t^o.	$n\ H_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$	C_n.
Solution I.	25°7	1,37854	1,39402	1,01123	-1,123
— II.	25°35	1,41693	1,44300	1,01840	-1,840
— III.	24°4	1,46234	1,49242	1,02057	-2,057
— IV.	25°4	1,49581	1,52485	1,01941	-1,941
— V.	24°0	1,52824	1,55292	1,01615	-1,615

	t^o.	n He.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution I.	25°7	1,38123	1,39704	1,01145	-1,145
— II.	25°35	1,42070	1,44736	1,01877	-1,877
— III.	24°4	1,46729	1,49811	1,02100	-2,100
— IV.	25°4	1,50187	1,53161	1,01980	-1,980
— V.	24°0	1,53524	1,56050	1,01645	-1,645

	t^o.	$n\ H_\beta$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution I.	25°7	1,38758	1,40428	1,01204	-1,204
— II.	25°35	1,42974	1,45798	1,01976	-1,976
— III.	24°4	1,47966	1,51234	1,02209	-2,209
— IV.	25°4	1,51682	1,54839	1,02081	-2,081
— V.	24°0	1,55266	1,57950	1,01729	-1,729

	t^o.	$n\ H_\gamma$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution I.	25°7	1,39319	1,41050	1,01243	-1,243
— II.	25°35	1,43757	1,46735	1,02071	-2,071
— III.	24°4	1,49074	1,52487	1,02290	-2,290
— IV.	25°4	1,53034	1,56369	1,02179	-2,179
— V.	24°0	1,56834	1,59693	1,01823	-1,823

Le mélange de sulfure de carbone et d'éther ne convient donc pas pour trancher la question de savoir si l'éther dans ses mélanges se comporte « normalement », c'est-à-dire s'il peut donner lieu à une constante de réfraction invariable, comme on a vu précédemment que c'était le cas pour nombre de couples liquides. Le doute que j'ai émis à ce sujet à propos des mélanges d'éther avec l'eau et l'alcool (voir première note, p. 74) n'est donc pas encore levé, et il importe de faire d'autres recherches dans cette direction sur un matériel plus favorable à l'étude.

Comme précédemment, on constatera pour ce système que — C_n augmente vers le violet du spectre; quant à l'influence de la température, elle est mal précisée : d'après les expériences, elle correspondrait tantôt à une légère diminution, tantôt à une légère augmentation. L'incertitude qui règne à cet égard est due uniquement à la difficulté des expériences au delà de 30°.

	t°.	$n\ H_\alpha$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution II.	30°6	1,41314	1,43943	1,01860	-1,860
— III.	30°3	1,45835	1,48825	1,02050	-2,050
— IV.	30°3	1,49179	1,52130	1,01978	-1,978
— V.	30°2	1,52397	1,54835	1,01599	-1,599

	t°.	n He.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution II.	30°6	1,41679	1,44379	1,01906	-1,906
— III.	30°3	1,46336	1,49399	1,02093	-2,093
— IV.	30°3	1,49773	1,52802	1,02022	-2,022
— V.	30°2	1,53084	1,55591	1,01638	-1,638

	t°.	$n\ H_\beta$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution II.	30°6	1,42579	1,45427	1,01997	-1,997
— III.	30°3	1,47572	1,50804	1,02190	-2,190
— IV.	30°3	1,51254	1,54466	1,02123	-2,123
— V.	30°2	1,54809	1,57470	1,01719	-1,719

	t°.	$n\ H_\gamma$.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
Solution II.	30°6	1,43352	1,46435	1,02157	-2,157
— III.	30°3	1,48647	1,52070	1,02303	-2,303
— IV.	30°3	1,52620	1,55972	1,02196	-2,196
— V.	30°2	1,56354	1,59188	1,01812	-1,812

Au sujet des mélanges d'éther et de sulfure de carbone, il existait déjà des expériences d'autres auteurs : d'abord celles de Gladstone et Dale (¹), desquelles il résulterait que l'un des mélanges examinés (à 36,635 °/₀ CS_2) donne comme C_v la valeur — 0,207 °/₀ et comme C_n celle de — 1,718 °/₀, ce qui serait plus ou moins conforme à mes essais. Mais comme la seconde solution contredit les résultats de la première, en ce sens qu'il y aurait une légère contraction de volume, on doit convenir que ces essais sont trop peu précis et trop isolés. Ensuite il y a les expériences de Quincke (²) sur trois mélanges, dont je n'ai pu tirer que des résultats cadrant peu entre eux. Il résulterait des essais de Quincke que, loin de donner lieu à une dilatation de volume, il y aurait une contraction atteignant 0,332 °/₀; quant à l'indice de réfraction, il donnerait lieu à une dilatation, mais quantitativement différente (plus faible) que selon mes essais. Mais on peut se rendre compte, à la lecture du travail de Quincke, que ce sont des erreurs dues en partie à l'impureté des produits employés : l'éther, par exemple, est employé tel quel ou simplement séché sur du marbre. Les mêmes erreurs entachent les essais de densité de Bussy et Buignet, qui datent de 1864 (³) ; eux aussi trouvent une légère contraction. Mais les expériences plus récentes de Linebarger (⁴) confirment pleinement les miennes : il y a une faible dilatation atteignant à 25° 0,054, 0,075 et 0,043 °/₀ pour des mélanges renfermant respectivement 13,100 °/₀, 34,367 °/₀ et 62,759 °/₀ d'éther. On ne pourrait pas souhaiter de concordance meilleure, surtout quand on songe à la petitesse extrême des variations produites et aux difficultés des expériences. Si donc l'explication de la façon particulière dont se comportent les mélanges éther + sulfure de carbone doit encore être trouvée, il ne peut plus tout au moins subsister de doute au sujet de l'exactitude des données expérimentales.

(¹) *Philos. Trans.*, 1863, 321.

(²) *Ann. der Physik*, 19 (1883), 725.

(³) *Comptes rendus*, 59, 671.

(⁴) *Amer. Chem. Journ.*, 18 (1896), 440.

Acétone + chloroforme.

J'aurais voulu également joindre à cette note les résultats que nous donne le système acétone + chloroforme étudié par Hubbard (¹), dont les expériences sur d'autres systèmes, relatées plus haut, peuvent être considérées comme très bonnes. Mais l'acétone dont l'auteur se sert dans ce cas-ci a comme densité à 25° 0,78492, alors que dans les mélanges avec le sulfure de carbone il employait un produit ayant — à la même température — la densité assez différente 0,78799 (²). Quant aux indices de réfraction, ils ne diffèrent que très peu dans les deux cas. Il est peu probable qu'il y ait erreur dans le cas des solutions de CS_2 ; d'autre part, il n'y aurait aucun inconvénient à accepter le nouveau nombre pour les solutions dans le chloroforme, vu qu'on risque moins de commettre des erreurs en calculant avec les données du produit employé, même s'il est impur, qu'avec des données plus exactes peut-être, mais provenant d'observations faites sur un autre échantillon. Il ne peut donc être que d'un intérêt médiocre de montrer que les expériences d'autres auteurs se rapprochent plutôt du premier nombre (Zander 0,7864, Drude 0,7865, Mac Elroy 0,7867, Schwers 0,7871), puisqu'on en trouve aussi se rapprochant plus du second (Squibb 0,7848).

Bref, si l'on fait les calculs avec les nombres indiqués par Hubbard, on trouve pour l'indice de réfraction une dilatation assez notable, atteignant un maximum de 0,85 °/₀ et donnant graphiquement une courbe très régulière. Quant à la densité, elle suit une marche très curieuse : il y a contraction pour la plupart des solutions, mais dilatation de 60 à 100 °/₀ acétone, c'est-à-dire pour les solutions *pauvres en chloroforme*. Mais ces variations sont très faibles : si la contraction atteint un maxi-

---

(¹) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 7 (1910).

(²) Voir ma note précédente sur ce sujet, p. 61.

mum de 0,246 °/₀ (pour 30 °/₀ $CHCl_3$), la dilatation ne dépasse pas la quantité infime de — 0,012 °/₀ (pour 16,6 °/₀ $CHCl_3$). Il en résulterait que le schéma graphique pour ce système serait analogue à ce que j'ai montré être vraisemblable pour le système chloroforme + alcool (schéma III), mais avec la différence fondamentale qu'il ne serait que son image dans un miroir (schéma VI), la grandeur *A augmentant avec la concentration en* $CHCl_3$. Comme je n'ai fait jusqu'à présent que constater des phénomènes résultant de l'observation, sans encore en donner la véritable explication moléculaire, il n'y a pas encore de raison de douter, *a priori*, de ce résultat en s'appuyant, par exemple, sur le fait que, pour les autres systèmes examinés, c'est une diminution de A que j'ai observée avec l'augmentation du dérivé chloré. Mais comme les variations du volume sont faibles, les résultats deviennent absolument différents pour peu que la densité des produits purs n'est pas celle qu'on renseigne ; si, par exemple, on admettait comme densité de l'acétone le nombre ayant servi pour les mélanges avec CS_2, les conclusions deviennent radicalement différentes. Sans donc mettre en doute les expériences de Hubbard, je m'abstiens d'en publier le détail dans l'attente d'autres expériences qui viennent les confirmer. Celles de Tsakalotos (¹) sur la densité des mélanges à 0°, 30° et 40° sont peu concordantes avec celles de Hubbard : il y aurait dilatation aux trois températures étudiées, dépassant dans certains cas 0,8 °/₀. Toutefois, je dois reconnaître que je ne puis leur accorder qu'une confiance limitée, vu que les résultats ne concordent pas fort bien entre eux et que l'influence de la température notamment se marque d'une façon très irrégulière. Il est bon de dire que l'auteur n'a pas jugé utile de donner plus de trois décimales, ce qui est absolument insuffisant.

De nouvelles expériences sont d'autant plus nécessaires que je crois que le système acétone + chloroforme se trouve dans un

---

(¹) *Bull. Soc. chim. France* (4) 3 (1908), 334.

cas particulier, plus compliqué, et serait anormal non seulement par suite de la présence du chlore, mais aussi à cause de la formation d'un composé d'addition, ensuite d'un phénomène d'ordre chimique. Il serait analogue à cet égard à celui de l'éther + $CHCl_3$, que M. G. Batta a bien voulu se charger d'examiner et dont les résultats seront publiés incessamment. La chaleur de mélange peu commune qui se manifeste dans ces deux cas serait aussi un indice de cette réaction.

Dès le début de cette note, je faisais prévoir que la présence d'un halogène dans la molécule d'un des corps en mélange n'était pas la seule raison des anomalies que l'on observe dans la recherche de la constante de réfraction. Alors que j'ai montré par maints exemples que dans le mélange de deux substances cycliques on pouvait — aussi bien que dans le mélange de deux substances aliphatiques — mettre en évidence une valeur A bien constante, quelle que soit la concentration, il n'en est plus tout à fait de même lorsqu'on mélange un liquide cyclique avec un liquide aliphatique. Mais faute de données expérimentales assez complètes, je réserve l'étude de ces systèmes pour une prochaine occasion. Je puis pourtant dire, dès à présent, que ces couples binaires sont également anormaux en ce qui concerne leur pouvoir rotatoire magnétique, et j'ai montré dans une note précédente (¹) les relations intimes qui relient cette propriété avec la réfraction.

C'est pour des raisons analogues que je réserve pour plus tard l'étude des solutions aqueuses de substances halogénées, chez lesquelles l'anomalie due au Cl se complique d'une anomalie due à la dissociation électrolytique.

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1910, 850; *Journ. chim. phys.*, 1911, 325.

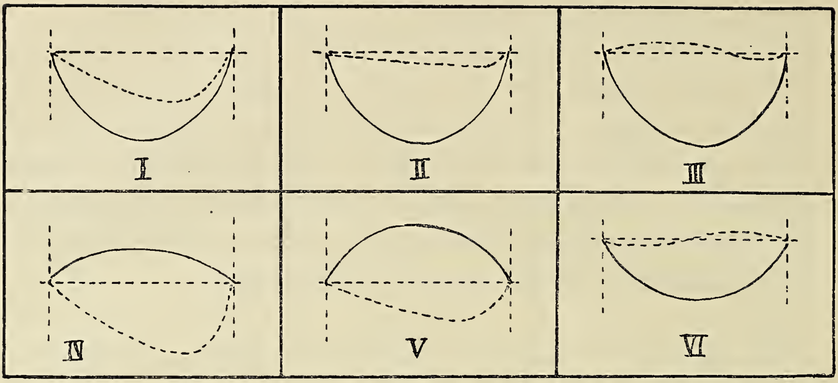


Schéma représentant l'allure des courbes C_v (en pointillé) et C_n (en traits pleins) pour les systèmes binaires suivants :

I. Acétate d'éthyle + iodure d'éthyle.
II. Alcool n-propylique + bromure d'éthène.
III. Alcool éthylique + chloroforme.
IV. Sulfure de carbone + chloroforme.
V. Sulfure de carbone + chlorure stannique.
VI. Acétone + chloroforme.

La concentration est indiquée en quantité croissante de dérivé halogéné en allant de gauche à droite.

Au-dessus de l'axe des abscisses, la courbe correspond à une contraction (C); placée au-dessous de cet axe, elle correspond à une dilatation (–C).

Physique. — **Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »,**

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

TROISIÈME NOTE.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES.

Bien que l'étude des mélanges non aqueux soit à peine entamée, comme on a pu le voir dans les deux notes précédentes, je puis pourtant dès à présent tirer quelques conclusions intéressantes résultant directement des données expérimentales rapportées dans ce qui précède et présentées sous un aspect nouveau. Il est notamment intéressant de montrer la lumière que ces recherches jettent sur la constitution intime des mélanges binaires.

En ce qui concerne la structure de toute molécule, on peut admettre les notions élémentaires, introduites par Kopp, de *volume moléculaire vrai*, qui est l'espace réellement occupé par les particules matérielles, et de *volume moléculaire apparent*, qui est égal au premier augmenté du volume dans lequel la molécule se meut, soit le *covolume*. L'indice de réfraction mesure la « densité » de ce milieu, de cet éther condensé intermoléculaire, alors que le poids spécifique se rapporte à la densité de l'ensemble de la molécule et donne par conséquent le volume moléculaire apparent.

On peut évidemment aussi adopter les désignations plus exactes introduites par Traube (1) et distinguer le *volume du*

---

(1) *Berliner Berichte,* 29 (1896), 2732.

noyau (Kernvolumen) et le *volume vibratoire* (Schwingungsvolumen) : la différence entre le *volume moléculaire du noyau,* dans lequel les atomes oscillent en tant qu'atomes, et le *volume moléculaire vibratoire,* dans lequel les molécules oscillent en tant que molécules, est précisément égal au *covolume moléculaire.*

Si maintenant on soumet un liquide pur à un changement de température ou de pression, toute augmentation de densité est accompagnée d'une augmentation de l'indice de réfraction, et, réciproquement, toute diminution de densité est accompagnée d'une diminution de l'indice de réfraction. Il n'y a pas que je sache d'exception à cette règle, et c'est même ce qui a donné naissance à l'idée généralement répandue que les variations du volume moléculaire sont uniquement dues aux variations du covolume.

Pourtant Th. W. Richards, à la suite d'études sur les changements de volume par pression (1), trouve que certains phénomènes ne peuvent s'expliquer que si l'on admet que *le volume de l'atome n'est pas constant, mais fonction de la pression et de la température et probablement aussi de la tension électrique.*

Qu'arrivera-t-il quand les variations de densité et d'indice sont produites, non plus par un changement des conditions de température et de pression, mais par l'adjonction d'un autre liquide, physiquement et chimiquement différent du premier, mais qui ne donne pas avec lui de réaction chimique au sens propre du mot ? On a vu par de nombreux exemples que, lorsqu'on a affaire à des mélanges de l'eau avec des corps inorganiques ou avec des dérivés aliphatiques du carbone, on observe pour ainsi dire toujours une augmentation de la densité et en même temps une augmentation de l'indice de réfraction. Pour les mélanges non aqueux, on a vu dans la première de ces trois notes, que les choses se passent parfois comme pour les systèmes aqueux; souvent aussi il y a dilatation, aussi bien pour l'indice que pour la densité (c'est le cas des solutions dans CS_2) : mais A reste toujours constant, c'est-à-dire que les variations de densité et de réfraction se trouvent toujours dans un rapport identique quelle que soit la concentration.

---

(1) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 40 (1902), 184.

Mais dans la deuxième note on a vu que certains mélanges donnent des variations positives pour la densité et négatives pour l'indice : ici il est bien clair que l'augmentation de la densité ne peut provenir que d'une *augmentation de la densité des atomes eux-mêmes*, donc d'une *diminution du volume du noyau*, du Kernvolumen, comme dit Traube. Quand le phénomène inverse se produit, c'est-à-dire quand une augmentation de l'indice est accompagnée d'une diminution de la densité, c'est que le volume du noyau a augmenté. L'hypothèse émise par Richards pour d'autres motifs s'impose donc pour ces systèmes que j'ai précédemment désignés sous le nom d' « anormaux » (1); elle s'impose moins pour les couples binaires « normaux », qui possèdent une constante de réfraction. On peut évidemment, comme je le propose, admettre pour ces derniers également que l'acte du mélange produit une variation du volume du noyau aussi bien que du covolume. Ces deux genres de variations auraient lieu soit dans le même sens, soit de sens contraires, mais avec une variation du covolume prédominante. Dans cette hypothèse, on ne mesurerait que l'effet final des deux actions, et la valeur A serait le rapport entre les variations globales de la molécule et celles de la zone d'éther condensée (covolume) autour du noyau moléculaire matériel.

Toutefois, étant donné nos connaissances, l'extension de cette hypothèse aux systèmes « normaux » ne sert qu'à titre de généralisation, et rien n'empêche pour ceux-ci d'admettre un noyau matériel rigide et de mettre toutes les variations, positives ou négatives, sur le compte du covolume. Le lecteur jugera lui-même s'il ne vaut pas mieux généraliser, vu que les systèmes que j'ai qualifiés d' « anormaux » ne diffèrent pas foncièrement des autres, et que la présence du halogène n'a pas toujours pour effet de donner des variations en sens opposé (acétate d'éthyle + iodure d'éthyle; alcool propylique + bromure d'éthène). L'anomalie consiste avant tout dans le fait d'un *changement régulier de A avec le titre* : ce n'est que dans certains cas (accumulation de plusieurs atomes de halogène dans la molécule) que les variations deviennent de sens contraire.

---

(1) Par cette désignation, j'entends indiquer seulement que ces systèmes ne permettent pas de mettre en évidence une constante de réfraction.

Cette variation de A avec la concentration réclame encore une explication satisfaisante, et il n'est pas improbable que l'étude d'autres « anomalies », notamment celles des mélanges d'un corps aliphatique avec un corps cyclique, auxquelles j'ai déjà fait allusion, ne nous donnent de nouvelles indications à ce sujet.

Il s'agit maintenant de se demander ce qu'on peut en tirer au sujet de la nature de l'action réciproque des molécules des liquides en mélange.

Doit-on en revenir à la théorie des hydrates, selon Mendéléeff, ou disons plus généralement des solvates, puisque nous traitons également des solutions non aqueuses? On sait que cette théorie représente le mélange comme le siège de véritables combinaisons chimiques au sens propre du mot, se formant surtout à des concentrations correspondant à des proportions moléculaires.

Le plus logique, pour répondre à cette question, serait de voir comment se comportent à ce sujet des mélanges binaires pour lesquels une réaction ne fait pas de doute, par exemple les mélanges d'acides gras et de monols, qui se combinent indubitablement en donnant naissance à une certaine quantité d'éther composé. Les données que j'ai trouvées à ce sujet dans la littérature sont absolument insuffisantes et je me propose de traiter moi-même cette question; malheureusement, il est à craindre que la formation d'eau à la suite de la réaction ne vienne singulièrement compliquer le problème.

Même en l'absence de données expérimentales à ce sujet, on peut déjà faire observer que dans le cas des mélanges d'acides et d'alcools, l'éther composé qui se forme est un corps isolable et nettement déterminé en tant qu'espèce chimique. Mais il n'en est ainsi pour aucun des mélanges qui m'ont occupé jusqu'à présent. Sans répéter ce que j'ai dit préalablement à cet égard (¹), je rappellerai que l'existence d'hydrates ou de solvates en solution n'est acceptée — même par leurs partisans les plus acharnés — que dans des cas particuliers bien déterminés et non pas pour tous les systèmes indistinctement. Or il s'agit ici d'expliquer un phénomène *absolument général*, qui se passe également bien pour tous les mélanges ; il s'agit donc que l'explication reste la même, que l'on considère, par exemple, les mélanges de l'alcool soit avec l'eau, soit avec le sulfure de carbone, soit avec l'ammoniaque. Admettons un instant que les changements de volume et de réfraction soient dus uniquement à une réaction chimique et voyons quelles sont les conditions à remplir dans cette hypothèse.

1. *Il faudrait qu'il n'y eût qu'une seule espèce de composé dans un mélange déterminé.* J'ai déjà dit dans une autre occasion que s'il y avait plusieurs composés ayant chacun une individualité chimique propre, A devrait varier avec la concentration au fur et à mesure de la formation de nouveaux composés, et tendre tantôt vers une valeur plus grande, tantôt vers une valeur plus petite, chose qui est en contradiction avec l'observation. Quant aux cas traités dans la seconde note, il s'agit d'une *variation régulière, progressant toujours dans le même sens,* due à n'en pas douter à un épiphénomène lié à la présence d'un ou de plusieurs atomes de halogènes dans la molécule.

(¹) *Journ. chim. phys.*, 1911, 57 ; *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1911, 138.

2. *Ce composé devrait se produire dans tous les couples binaires* dont il a été question non seulement dans les deux notes précédentes, mais aussi dans les autres travaux que j'ai faits à ce sujet. Il devrait se produire même quand il s'agit d'un mélange de deux homologues d'une série organique, entre lesquels il semble pourtant bien que l'on puisse exclure toute hypothèse d'une action chimique.

3. Ce composé se formerait proportionnellement aux masses actives en présence et sa quantité augmenterait *insensiblement* et très *régulièrement* jusqu'à une certaine concentration, au delà de laquelle sa formation irait en diminuant. Les courbes exprimant les valeurs C_n et C_v ont en effet toujours une allure parfaitement régulière, sans points de rupture d'aucune sorte.

4. *Il serait impossible de connaître non seulement la quantité de composé formé* par rapport à la masse totale, *mais encore la composition de la combinaison*. En effet, on ne peut pas isoler le composé formé, et, d'autre part, la zone dans laquelle se produit la variation la plus grande (¹) nous renseignerait seulement qu'une plus grande quantité du mélange est entrée en réaction; mais rien ne nous autorise à affirmer que le point culminant de la courbe donne la composition du solvate. Il arrive du reste souvent que cette zone maximale se déplace avec l'élévation de température, ce qui forcerait à admettre une variation dans la composition du produit d'addition; ceci, encore une fois, est contraire aux faits, étant donné que A reste constant.

Les points singuliers ou points de rupture que l'on observe dans l'allure de certaines propriétés des mélanges binaires, telles que les courbes de fusion, de viscosité, de conductibilité électrique, révèlent des phénomènes d'un autre ordre. N'ayant pas traité la question expérimentalement à ces points de vue, je

---

(¹) C'est à dessein que je ne dis pas « maximum », parce qu'il n'y a pas de maximum précis.

n'entrerai pas dans des détails à ce sujet. C'est surtout l'examen des propriétés que je viens de mentionner qui a conduit à la théorie des hydrates, mais il ne manque pas de théories donnant des explications d'ordre physique à ces phénomènes.

5. *La nature de ce composé serait telle qu'il ne posséderait aucune propriété que n'aient déjà les corps en mélange.* Or, quand deux corps réagissent chimiquement, on sait qu'ils perdent certaines propriétés de leurs constituants et qu'ils en acquièrent de nouvelles. Si l'on ne veut pas s'en tenir à cette vieille définition simple et classique, il faudrait élargir singulièrement la conception du mot « chimique ».

6. Il ne pourrait y avoir qu'une affinité assez faible entre les deux liquides qui donneraient ce composé d'addition, puisque ce dernier ne se trouve dans le mélange qu'en quantité limitée et qu'on ne peut pas le séparer de ses composants par cristallisation et, *a fortiori*, par distillation. Malgré cela, si l'on admet que les variations de volume (et de réfraction) sont le signe extérieur de cette combinaison, on constatera que, même à la température d'ébullition du mélange, le composé doit encore exister en grande quantité. Pour les mélanges d'alcool et d'eau, par exemple, on possède des déterminations de la densité sous pression jusque 150° (1) ; les calculs que j'ai faits avec ces essais m'ont montré que, si les expériences ne sont pas toujours suffisamment exactes et auraient besoin d'une vérification, il n'en ressort pas moins que la contraction est encore très notable à 150°. Comment peut-on expliquer que lorsqu'on cherche par tous les moyens à isoler une combinaison qui a la vie aussi dure, on ne parvienne qu'à recueillir ses constituants, et cela quelle que soit la température à laquelle on opère?

On voit par ce qui précède que, si l'on désire admettre l'hypothèse d'une combinaison entre les deux liquides en mélanges, les résultats de mes expériences nous obligent à modifier tellement la conception des « solvates » qu'ils ne répondent plus guère aux idées des théoriciens qui en admettent l'existence. En outre est-on obligé de leur enlever tous les caractères qui distinguent une combinaison chimique des produits qui lui ont donné naissance en raison de leur affinité réciproque.

---

(1) *Annales de la Société des sciences de Liége*, XX (1898), 56.

Remarquons enfin que l'hypothèse chimique ne tient pas compte des variations dans l'état de polymérisation, et j'ai montré précédemment combien les changements dans l'état de dissociation physique peuvent influencer grandement la densité et la réfraction.

Combien n'est-il pas plus simple d'admettre que l'action réciproque de deux liquides en mélange consiste en une variation de leurs forces attractives, *modifiant l'espace occupé tant par le noyau matériel que par le covolume, mais sans toucher à la structure intime de ce noyau.* Dans le cas où l'on a affaire à des liquides polymérisés (et ils le sont tous plus ou moins), la simple interposition de molécules d'un corps différent (1) suffit pour faire varier le système attractif qui présidait à l'état de polymérisation d'un liquide. Cette action peut, dans certains cas, être aussi importante, sinon plus, que les attractions nouvelles entre les molécules d'espèces différentes.

On a constaté que les courbes représentant les contractions (ou dilatations) de la densité ou de l'indice de réfraction en fonction de la concentration ne sont jamais symétriques, pas plus si on les rapporte à des °/₀ moléculaires que si on les rapporte à des °/₀ en poids. Étant donné que deux liquides en mélange, tels l'eau et l'alcool, sont différents et possèdent chacun leur caractère spécifique propre, il serait même bien étonnant que, à pourcentage égal, les solutions riches en alcool donnent des attractions qui se marquent par des variations identiques à celles que donnent les solutions riches en eau. Mais malgré cette dissymétrie de chaque courbe prise à part, l'expérience montre que *c'est une attraction du même ordre qui régit tous les mélanges quelle que soit leur concentration :* le rapport entre les changements de densité et de réfraction est, pour un système donné, indépendant du titre et, par suite, indépendant de la grandeur de ces changements.

---

(1) La raison même de la miscibilité des liquides n'est pas encore élucidée Ce n'est pas l'endroit d'entrer dans des détails au sujet des théories qui cherchent à établir un rapport entre cette propriété et la nature des changements produits dans le mélange, en d'autres termes, de relier la miscibilité de deux liquides avec leur faculté de réaction, ou tout au moins d'association. Qu'un rapport direct entre ces deux ordres de phénomènes ne paraît pas exister, c'est ce qui ressort du fait que les mélanges à solubilité mutuelle limitée ne diffèrent que quantitativement et non qualitativement des systèmes à solubilité mutuelle infinie (cf. eau + monols).

On voit donc que les faits observés s'expliquent bien plus aisément en adoptant une théorie physique, admettant que les forces attractives entrant en jeu altèrent seulement l'espace occupé par les atomes et par le covolume, mais laissant intacte la disposition, le groupement des atomes dans la molécule. Une telle théorie n'exclut nullement la possibilité d'une action chimique dans des cas particuliers et bien déterminés ; mais je crois qu'il est bon de réserver cette épithète de « chimique » aux phénomènes modifiant l'arrangement intime d'un noyau central, le groupement des atomes dans la molécule.

MÉCANIQUE. — **Recherches sur la stabilité de l'aéroplane,**

par JULIEN PACOTTE, docteur en sciences physiques et mathématiques.

La théorie qui fait l'objet de cette communication repose sur les équations du mouvement de l'aéroplane, mises sous forme d'un système normal de neuf équations différentielles. Ce système est plus logique que tout autre parce qu'il ne fait intervenir aucun système d'axes absolument fixes et qu'il n'y a en effet autour de la verticale aucune direction privilégiée.

La théorie de la stabilité de l'aéroplane ne se réduit pas, ainsi qu'on paraît l'avoir pensé jusqu'ici, à l'étude de la stabilité de l'équilibre (état de régime). Les états permanents définis par M. Brillouin (*), et comprenant le régime comme cas particulier où la trajectoire en général hélicoïdale devient droite, doivent donner lieu à une discussion analogue à celle que Ferber (**) et plus récemment M. de Bothezat (***) ont appliquée à l'équilibre.

Le terme de *quasi-permanence* désignant ordinairement un état assez voisin de la permanence pour être confondu avec elle, est ici adopté pour désigner l'état (non envisagé) d'un mouvement tendant vers la permanence. On établit les équations d'un tel mouvement par une simple différentiation avec δ du système normal, ce qui conduit à un système homogène à coefficients constants dont la discussion se ramène à celle de son équation caractéristique. La condition nécessaire et suffisante de quasi-

---

(*) BRILLOUIN, *Stabilité des aéroplanes. Surface métacentrique*, 1910. Note I. Mouvements permanents des planeurs rigides.

(**) FERBER, *Les progrès de l'aviation par le vol plané. Les calculs*, 1907. Brochure reproduite par l'auteur à la fin de son volume : *L'aviation, ses débuts, son développement*.

(***) G. DE BOTHEZAT, *Étude de la stabilité de l'aéroplane*. Préface de Paul Painlevé, 1911.

permanence effective et par conséquent de stabilité est que les variations δ tendent vers zéro.

On réduit de neuf à six le nombre des équations de la quasi-permanence par l'emploi d'un système de trois variables définissant à chaque instant l'orientation troublée par rapport à *l'orientation correspondante dans le mouvement permanent limite supposé existant*. Cette conception permet d'exprimer six variables en fonction des trois nouvelles et de leurs dérivées premières, par des formules symétriques qui, à notre connaissance, n'avaient pas été écrites.

Le système ainsi transformé pourrait servir à définir et discuter la stabilité. Une complication s'introduit cependant eu égard à l'indétermination où l'on doit laisser l'orientation du système entraîné. C'est ainsi qu'il y a stabilité ou non suivant qu'il existe ou non un déplacement rotatoire et vertical admissible du système de repère, amenant l'évanouissement des nouvelles variables. On démontrera à ce sujet que l'équation caractéristique du système transformé a nécessairement une racine nulle.

Le capitaine Ferber et M. de Bothezat ont établi leurs équations en projetant sur des axes d'orientation absolument fixe et *choisie d'après le régime antérieur aux troubles*, l'équipollence exprimant le théorème du centre de gravité. On introduit ainsi immédiatement des angles fixant l'orientation troublée de l'aéroplane relativement à ce système. Que ces angles soient des angles d'Euler (Ferber) ou des angles bien définis de roulis, giration et tangage (M. de Bothezat), on est conduit à des calculs trigonométriques extrêmement laborieux. Ensuite on donne de la stabilité une définition illogique, ce qui mène à des malentendus et des erreurs.

L'importance du sujet m'oblige à signaler un passage de l'ouvrage cité de M. de Bothezat, ouvrage où est d'ailleurs magistralement traitée l'étude de la stabilité longitudinale. M. de Bothezat vient d'écrire l'équation caractéristique relative aux troubles latéraux du régime horizontal. «... On voit de suite que μ (inconnue de l'équation caractéristique) peut être mis en facteur devant cette équation et que par conséquent cette équation admet nécessairement une racine $\mu = 0$. Il suit de là que, dans la solution générale du système, les expressions générales pour α (roulis), β (giration plus dérapage) et ψ (giration) contiendront *toutes* nécessairement un terme indépendant du temps. Nous sommes ainsi amenés à conclure que, quand l'aéroplane subira une déviation de roulis ou de giration, il ne reviendra pas vers son orientation primitive, mais au contraire, après une série d'oscillations possibles, il conservera nécessairement un écart permanent à partir de son régime. Ceci évidemment dans le cas où l'on considère un appareil invariable et qu'on n'effectue aucune manœuvre pour *redresser* l'appareil. *Une discussion plus ample de l'équation caractéristique sera donc sans grand intérêt*, puisque, quoi que l'on fasse, il est impossible d'assurer la stabilité latérale de l'aéroplane par la constitution même de l'appareil. » J'ai souligné à dessein : M. de Bothézat n'a pas remarqué que ses équations ne renferment pas la giration même et que pour le roulis et le dérapage les constantes sont nulles.

Trop optimiste au contraire, Ferber, tout en négligeant les couples dépendant des rotations (donc des dérivées des écarts d'orientation), conclut à l'existence d'un régime de nouvelle direction mais de même pente consécutif aux troubles, donc la stabilité. Mais la racine nulle est double cette fois, ce qui équivaut à une racine simple dans notre système primitif. Il y a donc instabilité. Ferber a commis une erreur en se reportant aux équations des mouvements étendus pour interpréter son intégrale algébrique. Je cite ce passage : « L'aéroplane décrira une hélice bien déterminée; mais précisément parce que ces six équations caractérisent une hélice, il peut arriver dans certains cas que cette hélice devienne une ligne droite. C'est ce qui arrive quand $\beta = \varphi$ (quand le dérapage est nul, or Ferber vient de démontrer qu'il s'évanouit). Écrivons en effet les trois équations de la rotation. On a... Il est facile de voir que si

$\beta = \varphi$, il faut, ou que la rotation soit nulle, ou que $\varphi = \frac{\pi}{2}$; » il conviendrait d'ajouter « ou que la rotation soit infiniment petite », car elle entre seulement sous l'exposant 2. M. Brillouin a d'ailleurs relevé dans la note citée l'erreur du résultat.

Nous formons les équations des petits mouvements troublant le régime en nous servant des variables fondamentales. Moyennant certaines simplifications que l'expérience justifie, le système se partage en deux groupes : le premier relatif à la stabilité longitudinale et que nous laissons de côté, le second concernant la stabilité latérale et dont nous formons l'équation caractéristique.

Une racine nulle peut donner lieu à un mouvement permanent hélicoïdal avec inclinaison latérale et en général dérapage. Or, dans la note remarquable déjà citée, M. Brillouin recherche précisément la condition simplement nécessaire pour qu'il y ait des mouvements hélicoïdaux permanents au voisinage du régime. Cette condition se ramène à la compatibilité d'un système homogène dont le déterminant est justement le coefficient du terme du premier degré de notre équation caractéristique. On arrive donc par des voies très différentes à des conclusions bien concordantes.

On recherche enfin les conditions nécessaires et suffisantes de stabilité latérale en supposant, pour se conformer à la pratique, l'absence de quille (surface parallèle au plan de symétrie) supérieure ou inférieure.

Les conclusions suivantes se dégagent immédiatement, toutes d'une importance théorique considérable. Une route suffisamment ascendante amène toujours l'instabilité latérale. Lorsque la route n'est pas trop ascendante, une vitesse suffisante amène toujours la stabilité latérale. Pour les aéroplanes dépourvus de quille postérieure, il y a instabilité, mais une inégalité très simple entraîne une certaine sécurité. Cette inégalité est d'autant plus sûrement satisfaite que la vitesse, l'envergure et la surface des quilles centrales sont plus grandes.

Tous ces faits étaient attestés par les praticiens, mais la démonstration théorique manquait.

1. *Équations des mouvements étendus de l'aéroplane.* — On assimile l'aéroplane à un système rigide, hypothèse qui implique principalement les gouvernails bloqués et les effets giroscopiques de l'hélice négligeables. On trace dans l'appareil les axes principaux d'inertie Ox, Oy, Oz relatifs au centre de gravité O et on leur accorde un sens positif. Toutes les projections envisagées sont relatives à ce système.

Au point de vue des vitesses, l'état de l'appareil est caractérisé à l'instant t par six variables : les projections u, v, w de la vitesse absolue du point O, et les projections p, q, r de la rotation instantanée de l'appareil autour d'un axe passant par ce point.

Pour écrire les équations du mouvement du centre de gravité, on doit connaître l'expression des projections j_x, j_y, j_z de son accélération absolue. Cette accélération est la vitesse de l'extrémité du vecteur (u, v, w) d'origine O relativement à un système issu de ce point et d'orientation absolument fixe; cette vitesse a donc pour projections

$$\begin{cases} j_x = \dfrac{du}{dt} + qw - rv, \\[2ex] j_y = \dfrac{dv}{dt} + ru - pw, \\[2ex] j_z = \dfrac{dw}{dt} + pv - qu. \end{cases}$$

Toutes les forces extérieures qui, outre la pesanteur, agissent sur l'aéroplane, sont des réactions de l'air sur l'hélice, les voilures et l'esquif; elles sont réductibles à une résultante F et un couple résultant G dont les vecteurs représentatifs passent par le point O.

En représentant par mg le poids de l'appareil, par a, b, c ses cosinus directeurs et par A, B, C les moments principaux d'inertie relatifs au centre de gravité, on a d'abord les équations suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} & m\left(\frac{du}{dt} + qw - rv\right) = \mathrm{F}_x + mga, \\ & m\left(\frac{dv}{dt} + ru - pw\right) = \mathrm{F}_y + mgb \\ & m\left(\frac{dw}{dt} + pv - qu\right) = \mathrm{F}_z + mgc; \end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} & \mathrm{A}\frac{dp}{dt} + \left(\mathrm{C} - \mathrm{B}\right) qr = \mathrm{G}_x, \\ & \mathrm{B}\frac{dq}{dt} + \left(\mathrm{A} - \mathrm{C}\right) rp = \mathrm{G}_y, \\ & \mathrm{C}\frac{dr}{dt} + \left(\mathrm{B} - \mathrm{A}\right) pq = \mathrm{G}_z. \end{aligned}\right.$$

Il convient d'y ajouter, pour compléter le système reliant les neuf inconnues, le groupe

$$\left\{\begin{aligned} & \frac{da}{dt} + qc - rb = 0, \\ & \frac{db}{dt} + ra - pc = 0, \\ & \frac{dc}{dt} + pb - qa = 0, \end{aligned}\right.$$

exprimant l'immobilité absolue de la direction de la pesanteur. Ce dernier groupe, non indispensable pour définir la permanence (seul usage qu'on ait fait des deux premiers groupes), n'avait pas été écrit.

2. *Permanence et quasi-permanence.* — Un mouvement permanent est défini par les neuf constantes u', v', w'; p', q', r'; a', b', c' satisfaisant aux équations

$$\begin{aligned} & m(q'w' - r'v') = \mathrm{F}_x + mga', \dots; \\ & (\mathrm{C} - \mathrm{B})q'r' = \mathrm{G}_x, \dots; \\ & q\,c - r'b' = 0, \dots, \end{aligned}$$

où il faut avoir soin de remplacer par des constantes les variables entrant dans $F_x, \ldots$ $G_x, \ldots$ Il faut bien observer que le dernier groupe exige la rotation verticale.

Quant à la quasi-permanence, voici comment il convient de la définir. On considère les caractéristiques d'un état permanent quelconque. Soient $\delta u, \ldots$; $\delta p, \ldots$; $\delta a, \ldots$ les variations de ces caractéristiques : il y a quasi-permanence lorsque ces variations tendent vers zéro ainsi que leurs dérivées premières.

Les variations infiniment petites δ constituent neuf fonctions inconnues. On obtient immédiatement les équations qui les relient en différentiant avec δ les équations générales du mouvement :

$$m\left(\frac{d}{dt}\delta u + q'\delta w - r'\delta v + w'\delta q - v'\delta r\right) = \delta F_x + mg\delta a, \ldots;$$

$$A\frac{d}{dt}\delta p + (C - B)q'\delta r + r'\delta q) = \delta G_x, \ldots;$$

$$\frac{d}{dt}\delta a + q'\delta e - r'\delta b + c'\delta q - b'\delta r = 0, \ldots,$$

les différentielles $\delta F_x, \ldots$; $\delta G_x, \ldots$ dépendant des six premières variations E_i par des relations telles que

$$\delta F_x = \sum \frac{\partial}{\partial \varepsilon_i}\delta F_x \left|\begin{matrix}\varepsilon_i \\ \\ \varepsilon_i = 0.\end{matrix}\right.$$

3. *Critère de stabilité.* — Les équations du mouvement quasi permanent forment donc un système linéaire homogène à coefficients constants. En résolvant ce système, chaque inconnue se présente sous la forme

$$\Sigma C e^{(m+ni)t},$$

où la sommation est relative à toutes les racines $m + ni$ supposées simples de l'équation caractéristique et où les coefficients

c ne sont complètement déterminés que par les conditions initiales.

Si toutes les racines sont réelles et négatives, les fonctions tendent effectivement vers zéro, il y a réellement quasi-permanence et, par définition, l'état permanent envisagé est stable. Le contraire a lieu lorsqu'il y a des racines réelles et positives ou nulles.

En cas de racines imaginaires conjuguées, les fonctions admettent une forme réelle où entrent des termes tels que

$$e^{mt}(\mathrm{K}_1 \sin nt + \mathrm{K}_2 \cos nt)$$

et il y a mouvement oscillatoire : la quasi-permanence et la stabilité exigent alors en plus que les parties réelles de ces racines soient négatives. Cette condition est d'ailleurs suffisante.

Lorsque les racines multiples se présentent pour des racines à partie réelle positive ou nulle, il y a évidemment instabilité. Dans les autres cas, il y a lieu de remarquer que, même en cas d'évanouissement de l'exponentielle, le terme correspondant peut commencer par croître en valeur absolue bien au delà de sa valeur initiale.

Le problème de la stabilité des états permanents d'un aéroplane est ainsi ramené à la connaissance des fonctions $\mathrm{F}_x, \ldots; \mathrm{G}_x, \ldots$ Or, l'aérodynamique expérimentale n'a envisagé jusqu'ici que certaines surfaces admettant un plan de symétrie et entraînées dans une translation uniforme et parallèle à ce plan, ainsi que des hélices agissant dans un courant parallèle à l'axe. Nous omettons, il est vrai, certaines expériences du laboratoire de Koutchino, mais elles sont très insuffisantes.

En attendant de plus amples documents, on est obligé de s'en tenir comme on l'a fait au cas où la vitesse s'écarte infiniment peu du plan de symétrie : c'est ce qui a lieu au voisinage du régime. On peut alors, grâce à certaines hypothèses que nous exposerons plus loin, poursuivre jusque la pratique la discussion de la stabilité.

4. *Roulis, virement et tangage en mouvement quasi-permanent.* — Il convient d'abord de préciser l'orientation des axes coordonnés. L'aéroplane admet un plan de symétrie Π, pour les masses si pas pour les forces, même en virage, car la dissymétrie due à la position du gouvernail de direction est négligeable. Perpendiculairement à ce plan se trouve l'axe principal d'inertie désigné par Oz. D'autre part, on désignera par Ox l'axe situé dans Π dont l'orientation se rapproche le plus de la direction de l'arbre de l'hélice. On comptera positivement les x vers l'avant, les y vers le haut et les z vers la région d'où l'on voit tourner vers la gauche un vecteur issu de l'origine et allant de l'axe positif Ox vers l'axe positif Oy. Les sens positifs des translations et des rotations sont ainsi liés par la règle de Maxwell.

L'orientation dans l'espace du système $Oxyz$ en mouvement quasi permanent peut se définir à l'aide de trois rotations élémentaires. Désignons par $Ox'y'z'$ un système de trois axes rectangulaires ayant à chaque instant l'orientation connue qu'aurait $Oxyz$ dans le mouvement permanent limite, donc entraîné dans une rotation se projetant sur ses axes suivant p', q', r'.

Dans ces conditions, le roulis, le virement et le tangage sont respectivement les projections α, β, γ sur Ox, Oy, Oz du déplacement rotatoire *élémentaire* qui, à un instant donné, amènerait (O, x', y', z') en coïncidence avec (O, x, y, z). D'autres auteurs ont d'ailleurs défini ces termes comme des angles relatifs à un système d'axes différent de (Ox, y, z), en prenant, par exemple, pour axe des x la direction de l'arbre de l'hélice; ils s'en sont tenus au régime et ont fixé *a priori* le système $(Ox'y'z')$.

On exprime aisément les variations $\delta a, \ldots$; $\delta p, \ldots$ en fonction de ces variables et de leurs dérivées premières. L'immobilité absolue de la direction de la pesanteur donne d'abord

$$\left\{\begin{array}{l} \delta a + \beta c' - \gamma b' = 0, \\ \delta b + \gamma a' - \alpha c' = 0, \\ \delta c + \alpha b' - \beta a' = 0. \end{array}\right.$$

Ensuite, si l'on désigne par $\Delta\omega$ la rotation qui, composée avec la rotation de permanence ω' de (O, x', y', z'), donne la rotation ω de (O, x, y, z), on a

$$\overline{\omega} = \overline{\omega'} + \overline{\Delta\omega}$$

et en projetant

$$p = (a' + \delta a)\omega' + \frac{d\alpha}{dt}, \ldots$$

ou

$$\left\{\begin{aligned} \delta p &= \frac{d\alpha}{dt} + q'\gamma - r'\beta, \\ \delta q &= \frac{d\beta}{dt} + r'\alpha - p'\gamma, \\ \delta r &= \frac{d\gamma}{dt} + p'\beta - q'\alpha. \end{aligned}\right.$$

Si l'on substitue ces valeurs de δa, ...; δp, ... dans les neuf équations du système précédent, les trois dernières deviennent identiques et le nombre des équations du mouvement quasi permanent est réduit de neuf à six.

5. *Équation caractéristique du système réduit.* — On peut affirmer *a priori* que l'équation caractéristique du système réduit qui détermine α, β, γ admet une racine nulle, exprimant que l'orientation initiale du système autour de la verticale est arbitraire.

En effet, comme nous le disions en commençant, il n'y a autour de la verticale aucune direction privilégiée. Soit par exemple le cas du régime. Si l'on considère un plan vertical parallèle à la trajectoire, ce plan ne peut généralement revenir à la même orientation après un trouble. L'orientation primitive de ce plan n'a aucun caractère attractif vis-à-vis des orientations voisines, puisque pour ces diverses orientations le mouvement est conditionné de la même manière.

Ces considérations intuitives trouvent une confirmation analytique immédiate dans l'examen des deux groupes de transformation

$$\delta a + \beta c' - \gamma b' = 0, \ldots;$$

$$\delta p = \frac{d\alpha}{dt} + q'\gamma - r'\beta, \ldots$$

Ces équations ne changent pas lorsqu'on ajoute aux variables α, β, γ des constantes α_0, β_0, γ_0, pourvu qu'elles soient liées par les relations

$$c'\beta_0 - b'\gamma_0 = 0, \ldots$$

c'est-à-dire pourvu que ces constantes soient les composantes d'un déplacement rotatoire vertical. Le système réduit admettant cette intégrale particulière, son équation caractéristique aura forcément une racine nulle.

Voici d'ailleurs le mécanisme de l'introduction du facteur D dans l'équation caractéristique du système réduit.

Tout d'abord, la détermination de α, β, γ en fonction des δ par les deux groupes de transformation *ne dépend que d'une seule quadrature*. On a en effet

$$\frac{d\alpha}{dt} = \delta p - \omega'\delta a,$$

d'où

$$\alpha = \alpha_0 + \int(\delta p - \omega'\delta a)\,dt$$

pour déterminer α, et

$$\delta b + \gamma a' - \alpha c' = 0, \qquad \delta c + \alpha b' - \beta a' = 0$$

pour déduire sans quadrature β et γ de cette valeur de α.

La détermination de α, β, γ dépend donc du système normal obtenu en ajoutant

$$\frac{d\alpha}{dt} = \delta p - \omega'\delta a$$

au système primitif. Ce système est du dixième ordre et son équation caractéristique du dixième degré. On s'aperçoit de suite que cette équation caractéristique n'est autre que la primitive multipliée par D.

En opérant directement le passage aux nouvelles variables, on trouve une équation du neuvième ordre seulement. Il ne faut pas s'en étonner, car le système normal fondamental s'abaisse au huitième ordre si l'on élimine une des variables δa, δb, δc au moyen de la relation

$$a'\delta a + b'\delta b + c'\delta c = 0,$$

déduite par la différentiation δ de l'égalité

$$a^2 + b^2 + c^2 = 1.$$

Il est donc certain que l'intégration du système réduit introduit un déplacement rotatoire vertical dépendant des conditions initiales. On peut, ainsi que nous l'avons proposé, choisir la position initiale du système (O, x', y', z') de façon que l'on ait $\alpha_0 = \beta_0 = \gamma_0 = 0$.

6. *Équation d'un mouvement quasi de régime.* — Le régime est caractérisé par les égalités

$$p' = q' = r';$$

on n'examinera que le régime qu'on pourrait appeler normal, où l'on a en plus

$$w' = 0, \qquad c' = 0.$$

En se reportant aux équations de la quasi-permanence, on trouve

$$\left\{ \begin{aligned} & m\left(\frac{d}{dt}\delta u - v'\delta r\right) = \delta F_x + mg\delta a, && (1) \\ & m\left(\frac{d}{dt}\delta v + u'\delta r\right) = \delta F_y + mg\delta b, && (2) \\ & m\left(\frac{d}{dt}\delta w + v'\delta p - u'\delta q\right) = \delta F_z + mg\delta c; && (3) \end{aligned} \right.$$

$$\left\{\begin{aligned} &\mathrm{A}\,\frac{d}{dt}\,\delta p = \delta \mathrm{G}_x, && (4)\\ &\mathrm{B}\,\frac{d}{dt}\,\delta q = \delta \mathrm{G}_y, && (5)\\ &\mathrm{C}\,\frac{d}{dt}\,\delta r = \delta \mathrm{G}_z; && (6)\end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{d}{dt}\,\delta a - b'\delta r = 0, && (7)\\ &\frac{d}{dt}\,\delta b + a'\delta r = 0, && (8)\\ &\frac{d}{dt}\,\delta c + b'\delta p - a'\delta q = 0. && (9)\end{aligned}\right.$$

Eu égard à l'approximation dont on se contente habituellement, on admet que les forces et les couples dépendent seulement d'une partie des variations

$$\left\{\begin{aligned} \delta \mathrm{F}_x &= f_1(\delta u, \delta v, \delta r),\\ \delta \mathrm{F}_y &= f_2(\delta u, \delta v, \delta r),\\ \delta \mathrm{F}_z &= f_3(\delta w, \delta p, \delta q):\end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} \delta \mathrm{G}_x &= g_1(\delta w, \delta p, \delta q),\\ \delta \mathrm{G}_y &= g_2(\delta w, \delta p, \delta q),\\ \delta \mathrm{G}_z &= g_3(\delta u, \delta v, \delta z).\end{aligned}\right.$$

Dans ces conditions, le système se partage en deux groupes : les équations (1, 2, 6, 7, 8) concernant les variables δu, δv, δr, δa, δb; les équations (3, 4, 5, 9) concernant les variables δw, δp, δq, δc.

Considérons seulement le second groupe : en désignant par les indices 1, 2, 3 les dérivées partielles relatives à δw, δp, δq,

on a

$$\left\{\begin{aligned}
&-m\left(\frac{d}{dt}\delta w + v'\delta p - u'\delta q\right) + f_{31}\delta w + f_{32}\delta p + f_{33}\delta q + mg\delta c = 0,\\
&-\mathrm{A}\frac{d}{dt}\delta p + g_{11}\delta w + g_{12}\delta p + g_{13}\delta q = 0,\\
&-\mathrm{B}\frac{d}{dt}\delta q + g_{21}\delta w + g_{22}\delta p + g_{23}\delta q = 0,\\
&\frac{d}{dt}\delta c + b'\delta p - a'\delta q = 0
\end{aligned}\right.$$

avec l'équation caractéristique

$$\begin{vmatrix}
-m\mathrm{D} + f_{31} & -mv' + f_{32} & mu' + f_{33} & mg\\
g_{11} & -\mathrm{AD} + g_{12} & g_{13} & 0\\
g_{21} & g_{22} & -\mathrm{BD} + g_{23} & 0\\
0 & b' & -a' & \mathrm{D}
\end{vmatrix} = 0.$$

La condition nécessaire pour qu'il y ait des trajectoires permanentes hélicoïdales au voisinage du régime normal est évidemment qu'il y ait une intégrale particulière constante, donc que l'équation caractéristique admette une racine nulle, donc encore que l'on ait

$$\begin{vmatrix}
f_{31} & -mv' + f_{32} & mu' + f_{33} & mg\\
g_{11} & g_{12} & g_{13} & 0\\
g_{21} & g_{22} & g_{23} & 0\\
0 & b' & -a' & 0
\end{vmatrix} = 0,$$

résultat que M. Brillouin a déjà trouvé par une voie tout à fait différente.

La proportionnalité

$$\frac{g_{11}}{g_{21}} = \frac{g_{12}}{g_{22}} = \frac{g_{13}}{g_{23}}$$

est donc incompatible avec la stabilité de régime normal, puisqu'elle implique une trajectoire curviligne.

Ferber, comme nous l'avons dit en commençant, négligeait dans l'expression des couples ceux qui proviennent des rotations, ce qui reviendrait à poser dans notre système de notations

$$g_{12} = g_{13} = g_{22} = g_{23} = 0\,;$$

c'est donc à tort qu'il affirme le redressement de la trajectoire. Le dérapage peut il est vrai s'évanouir, car on trouve dans ce cas $w_0 = 0$, mais on ne peut en conclure qu'il en sera de même de la rotation.

7. *Coefficient entrant dans l'expression des forces et des couples différentiels.* — La discussion de la stabilité latérale n'ayant pas été poursuivie pour la raison illusoire qu'on sait, nous allons en esquisser les grandes lignes. La théorie de l'aéroplane doit d'abord nous fournir les coefficients entrant dans δF_z, δG_x, δG_y.

Les caractéristiques du régime sont la vitesse V de régime et l'angle θ compté de la verticale supérieure à l'axe des y. On a donc

$$a' = -\sin\theta, \qquad b' = -\cos\theta, \qquad c' = 0.$$

On désigne par ν l'angle de dérapage, c'est-à-dire l'angle compté du plan de symétrie à la translation : c'est l'angle d'attaque des surfaces parallèles au plan de symétrie, surfaces ordinairement appelées quilles ou plans de dérive. On a donc sensiblement

$$\delta w = -V\delta\nu.$$

Aussitôt qu'il y a dérapage, l'air réagit sur les quilles proportionnellement à V^2 et à v. La force est dirigée suivant Oz : elle constitue dans une première approximation le seul élément non négligeable de F_z. On écrit donc

$$F_z = mLV^2\delta\nu,$$

le coefficient de proportionnalité étant mis sous la forme du produit $m\mathrm{L}$ pour simplifier les écritures ultérieures. Puisque δv et F_z sont simultanément positifs et négatifs, L est essentiellement positif.

On sait que le point d'application de la réaction de l'air sur un plan est très rapproché du bord antérieur pour une incidence rasante. Aussi admet-on généralement qu'un dérapage écarte le point d'application de la réaction sur le plan sustentateur d'une longueur proportionnelle à $\delta\nu$. Il en résulte un couple dont l'axe vaut

$$\mathrm{A}\varepsilon\mathrm{R}\delta\nu,$$

R désignant la réaction toujours sensiblement normale au plan et $\mathrm{A}\varepsilon$ un coefficient de proportionnalité. Comme le point d'application et l'angle de dérapage sont du même côté relativement au plan de symétrie, l'examen des signes montre que ε est essentiellement positif.

On suppose l'orientation du plan sustentateur très voisine du plan (O, x, z). La réaction R est alors sensiblement dirigée suivant $\mathrm{O}y$. Comme elle équilibre presque à elle seule la composante du poids suivant la direction $\mathrm{O}y$, on a approximativement

$$\mathrm{R} = mg \cos \theta.$$

Le couple

$$\mathrm{A}\varepsilon mg \cos \theta\delta\nu$$

est la partie la plus importante de G_x. Pour la compléter, il suffit, puisqu'il n'y a pas de quille supérieure ou inférieure, d'ajouter un terme dépendant de l'*amortissement* dû à la voilure.

D'une façon générale, les termes d'amortissement sont ceux qui dépendent des rotations δp, δq, δr par opposition à ceux qui dépendent de δu, δv, δw qui sont dits stabilisateurs. Les termes d'amortissement s'introduisent lorsqu'on n'assimile pas le mouvement d'une surface élémentaire quelconque au mouvement du centre de gravité de l'appareil. Un calcul simple et souvent présenté prouve que ces termes sont proportionnels à la vitesse de régime.

Le couple amortisseur dû à la voilure, toujours opposé à la rotation de celle-ci, s'exprime donc simplement, M_2 désignant une constante positive, par

$$- AM_1V\delta p,$$

de telle sorte qu'on a

$$G_x = - AM_1V\delta p + A\varepsilon mg \cos \theta\delta\nu.$$

Quant au couple G_y, il ne se compose en première approximation que d'un terme stabilisateur provenant de l'action du vent latéral sur les quilles postérieures et d'un terme amortisseur provenant de leur rotation δq. On a donc, M_2 et N désignant des coefficients positifs :

$$G_y = - BM_2V\delta q + BNV^2\delta\nu.$$

Les équations du mouvement latéral deviennent ainsi, en supposant v' très petit, ce qui est toujours le cas :

$$\left\{\begin{aligned}
&V\left(\frac{d}{dt}\delta\nu + \delta q\right) + LV^2\delta\nu + g\delta c = 0,\\
&\frac{d}{dt}\delta p + M_1V\delta p - \varepsilon mg \cos\theta\delta\nu = 0,\\
&\frac{d}{dt}\delta q + M_2V\delta q - NV^2\delta\nu = 0,\\
&\frac{d}{dt}\delta c - \cos\theta\delta p + \sin\theta\delta q = 0.
\end{aligned}\right.$$

L'équation caractéristique devient

$$\begin{vmatrix}
VD + LV^2 & 0 & V & g\\
- \varepsilon mg \cos\theta & D + M_1V & 0 & 0\\
- NV^2 & 0 & D + M_2V & 0\\
0 & - \cos\theta & \sin\theta & D
\end{vmatrix} = 0$$

ou

$$\Phi\,(D) = a_0 D^4 + a_1 D^3 + a_2 D^2 + a_3 D + a_4 = 0,$$

avec les coefficients

$$\begin{aligned}
a_0 &= V \\
a_1 &= (L + M_1 + M_2)V^2 \\
a_2 &= (LM_1 + LM_2 + M_1M_2 + N)V^3 \\
a_3 &= (LM_1M_2 + M_1N)V^4 \\
&\qquad - gNV^2 \sin\theta + \varepsilon m g^2 \cos^2\theta \\
a_4 &= - gM_1NV^3 \sin\theta + \varepsilon m g^2 M_2 V \cos^2\theta.
\end{aligned}$$

8. *Conditions nécessaires et suffisantes de stabilité.* — Ces conditions sont les mêmes que celles qui expriment que l'équation

$$\Phi(D) = 0$$

a seulement des racines à parties réelles négatives. Ces conditions sont données par les inégalités de Routh :

$$a_0 > 0, \qquad a_1 > 0, \qquad a_2 > 0, \qquad a_3 > 0, \qquad a > 0.$$

On voit que pour des valeurs de θ algébriquement inférieures à un maximum positif Θ, tous les coefficients sont positifs : la stabilité est alors possible. Au contraire, une route suffisamment ascendante fait décroître a_3 ou a_4 sous zéro et entraîne l'instabilité.

Soit donc une route telle que l'on ait $\theta < \Theta$: la dernière inégalité de Routh est satisfaite et il y a conséquemment stabilité, lorsque la vitesse de régime V est suffisante. Il suffit, en effet, de former le coefficient de la plus haute puissance de V dans l'expression

$$a_1a_2a_3 - a_0a_3^2 - a_4a_1^2 > 0$$

pour s'assurer qu'il est indépendant de θ et essentiellement positif. Cette conséquence est toutefois soumise à la condition

$M_1 \neq 0$ qui exclut les voilures de petite envergure (M_1 est proportionnel au carré de l'envergure).

9. *Aéroplane à quilles postérieures négligeables.* — On a en ce cas

$$M_2 = N = 0, \qquad L \neq 0,$$

d'où

$$a_0 = V, \qquad a_1 = (L + M_1)V^2, \qquad a_3 = LM_1V^3,$$

$$a_3 = \varepsilon m g^2 \cos^2 \theta, \qquad a_4 = 0.$$

Il y a instabilité. Cette instabilité serait cependant sans danger de renversement si les exponentielles s'évanouissaient; on aurait alors une trajectoire avec inclinaison latérale et dérapage, qu'une manœuvre même tardive pourrait redresser. Il faut et il suffit à cet effet que la dernière inégalité de Routh relative à l'équation du troisième degré

$$\frac{\Phi(D)}{D} = 0,$$

savoir

$$a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$$

ou

$$(L + M_1) LM_1 V^4 > \varepsilon m g^2 \cos^2 \theta,$$

soit satisfaite.

Cette inégalité se trouve d'autant plus sûrement réalisée, que la vitesse, l'envergure, la surface quille centrale sont plus grandes et la masse, le rayon de giration longitudinale, plus petits. Ces considérations sont importantes, car la pratique a conduit à dénuer presque entièrement les aéroplanes de queues verticales. Il faut bien noter cependant qu'on ne peut jamais en ce cas réaliser la stabilité latérale, mais seulement une certaine sécurité.

La première rédaction de ce travail présentait certains points de la partie générale, la discussion de la racine nulle notamment, sous un jour insuffisant. Des conseils précis de M. de la Vallée Poussin m'ont permis de combler cette lacune. J'exprime ici même à mon ancien maître ma très vive reconnaissance pour l'intérêt qu'il a bien voulu accorder à cette étude.

La Louvière, le 14 avril 1912.

ASTRONOMIE. — **Observations faites au Laboratoire de physique de la Faculté des sciences du Collège Notre-Dame de la Paix à Namur par plusieurs Pères de la Compagnie de Jésus à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912,**

par le P. LUCAS, S. J.

NOTE PRÉLIMINAIRE.

L'éclipse de soleil du 17 avril a fait l'objet d'observations variées de la part des Pères de la Compagnie de Jésus, réunis au Laboratoire de physique de la Faculté des sciences du Collège Notre-Dame de la Paix.

Le service de l'heure était assuré par une horloge Kessels aimablement prêtée par M. Lecointe, directeur du service astronomique de l'Observatoire royal d'Uccle.

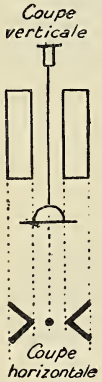
Sa marche a été contrôlée par la réception photographique des signaux horaires et des battements émis par la tour Eiffel. A cet effet, grâce à la haute intervention de M. le Ministre des Sciences et des Arts et de M. Lecointe, un poste récepteur de T. S. F. avait été établi par le Père Lucas dans son laboratoire.

La méthode ordinaire de contrôle consiste à recevoir au téléphone les signaux horaires tandis que l'on suit des yeux la marche de l'horloge à contrôler. Veut-on dans ce cas atteindre une grande précision, il faut prolonger l'observation pendant assez longtemps et recourir à la méthode des coïncidences. C'est dans ce but que le service radiotélégraphique de la tour Eiffel a organisé les séries de battements envoyés entre 21 et 22 heures.

Nous obtenions une égale précision par la réception d'un seul signal horaire et le procédé employé avait en outre l'avantage d'être entièrement objectif et d'éliminer toute équation personnelle.

Il s'agissait, en premier lieu, d'imprimer photographiquement sur un papier sensible enregistreur le signal radiotélégraphique.

A cet effet, le Père Wulf, du Collège Saint-Ignace à Fauquemont, s'est servi de son nouvel électromètre unifilaire. Un fil de quartz métallisé par pulvérisation cathodique, fixé à sa partie supérieure, est attaché par son extrémité inférieure à une boucle de quartz isolant et qui fait ressort. Ce fil est parallèle aux arêtes de deux coins métalliques isolés, dans le plan desquelles il peut se mouvoir. On voit immédiatement que cet appareil se prête à tous les modes d'emploi de l'électromètre à quadrants. On peut, par exemple, charger les deux coins à l'aide d'une pile et recevoir sur le fil mobile le potentiel à mesurer.



La sensibilité de l'appareil se règle par l'écartement des arêtes des coins et par la tension du fil. Son domaine d'emploi varie de l'ordre du millivolt jusqu'au potentiel explosif. Les lectures se font directement au microscope armé d'un micromètre oculaire ou bien par projection. Dans ce dernier cas, les déplacements du fil peuvent s'enregistrer photographiquement.

Les tracés fournis par cet appareil ne laissent rien à désirer au point de vue de la précision.

Voici maintenant comment se faisait, par l'intermédiaire de cet électromètre, la comparaison de l'horloge Kessels avec les signaux radiotélégraphiques de la tour Eiffel.

Au fond de la caisse de cette horloge, derrière la tige du pendule supposé immobile, on fixa un petit miroir concave. A la tige même fut attachée une lamelle métallique noircie. Une lampe Nernst envoyait un faisceau de lumière sur le miroir qui la concentrait en un foyer très petit. La source et le miroir étaient disposés de telle sorte que, dans le mouvement du pendule, la lamelle coupât la lumière exactement au moment du passage dans la position d'équilibre ou à peu près, ce qui n'a pas d'importance, comme on va le montrer.

Le faisceau réfléchi dirigé par un système de lentilles vers l'appareil enregistreur formait sur le papier sensible une image ponctuelle : sur ce papier mobile se marquait donc une série de traits — noirs après développement — et parallèles au mouvement, — les intervalles entre ces traits correspondant aux époques d'occultation du foyer lumineux par la lamelle. La marche de l'horloge était dès lors enregistrée avec précision. En effet, le commencement d'un trait correspond toujours au même instant précis de la période d'oscillation du pendule, de même la fin des traits. Et par suite, que l'occultation eût lieu en n'importe quelle position voisine de celle d'équilibre du pendule, le milieu d'un trait obscur répondait toujours exactement à une des extrémités de l'oscillation du pendule, et le milieu de l'intervalle clair entre deux traits obscurs à l'autre extrémité.

Pour déterminer ensuite à quelles secondes répondait chacun des traits obscurs, il suffisait d'occulter le foyer « chronométrique » avec la main à une seconde connue et dont on prenait note. Cette opération fut répétée à plusieurs reprises comme contrôle.

Cela posé, pour la comparaison de l'horloge, il suffisait d'inscrire, simultanément et côte à côte, sur le papier sensible de l'enregistreur, d'une part, la série de traits donnant la seconde de l'horloge et, d'autre part, les déplacements du fil répondant à chaque émission radiotélégraphique.

Signaux horaires et battements radiotélégraphiques sont reçus à l'Observatoire royal au moyen du téléphone. Nous aurons ainsi les corrections éventuelles à apporter aux heures et les éléments nécessaires à l'utilisation des battements que, par surcroît, nous avons aussi enregistrés plusieurs fois.

La première question du programme comportait la détermination précise du deuxième et du troisième contacts au moyen d'un photomètre au potassium colloïdal d'Elster et Geitel.

Ce récepteur au potassium, tout récemment réalisé et non encore dans le commerce, avait été préparé et mis très aimablement à notre disposition par les inventeurs eux-mêmes.

Il était monté dans un pont Wheatstone. Une des branches du pont renfermait le photomètre. Sa résistance était balancée par une résistance d'ionium (Bronson). Dans le pont se trouvait l'électromètre de Wulf décrit ci-dessus.

L'enregistreur photographique inscrivait, côte à côte, la variation de l'illumination et la marche de l'horloge.

La sensibilité, réglée deux minutes avant la phase maximum pour l'obscurité présumée, s'est trouvée trop grande pour la diminution de l'intensité lumineuse effectivement réalisée par l'éclipse. Le fil de l'électromètre a traversé tout le champ de l'appareil jusqu'à en sortir pendant les secondes de la phase maximum.

Cette méthode, due au Père Wulf, était donc excellente. Elle a fourni une courbe admirablement nette à laquelle, malheureusement, manque la partie la plus importante.

Un réglage plus heureux du diaphragme iris du photomètre, facile à réaliser grâce à l'expérience acquise, assurerait dans les prochaines éclipses un résultat qui ne laisserait rien à désirer.

Ce premier poste était dirigé par le Père Wulf assisté du Père Lucas.

A un second poste, le Père Stein, du Collège Saint-Ignace à Amsterdam, fit au moyen d'un photomètre du même genre, mais moins sensible, un grand nombre de lectures visuelles pendant toute la durée de l'éclipse. Nous devons ce photomètre à la générosité de M. Fernand Jacobs, président de la Société belge d'astronomie.

Cette fois le photomètre était en série avec un galvanomètre sensible et une batterie. Les variations des intensités lumineuses étaient mesurées par celles du courant dans le circuit.

Des nombreuses mesures effectuées et chronométrées on déduira la courbe photométrique pendant toute la durée de l'éclipse et, par suite, le rapport de l'éclat des régions centrale et marginale du soleil.

On pourra en conclure le pouvoir absorbant de l'atmosphère solaire.

Un troisième poste dirigé par les Pères Schaffers, du Collège Saint-Jean Berchmans à Louvain, et Pinto, de la résidence d'Alsemberg, utilisait un photohéliographe mis obligeamment à notre disposition par M. le Paige, directeur de l'Observatoire de Cointe.

Vingt-cinq clichés bien réussis ont été tirés à des intervalles particulièrement brefs dans le voisinage des quatre contacts, et plus espacés pendant le reste du phénomène.

La mesure de ces photographies chronométrées fera connaître la portion de surface éclipsée correspondant aux mesures photométriques du Père Stein.

On pourra en outre y mesurer les cordes de la partie éclipsée du disque et en déduire, par la méthode ordinaire, les positions et les instants des contacts.

Un quatrième poste, sous la conduite du Père Willaert, du Collège Saint-Michel à Bruxelles, comportait un cinématographe de la maison Pathé avec un célostat. Ici également les vues ont été spécialement serrées dans les environs des quatre contacts.

Citons encore les observations de l'ionisation de l'atmosphère faites par la méthode d'Elster et Geitel au moyen d'un électromètre bifilaire de Wulf, construit par la maison Günther et Tegetmeyer, de Brunswick, laquelle nous a fourni également l'électromètre unifilaire et les deux photomètres. Le Père Beernaert, du Collège Saint-Jean Berchmans à Louvain, a bien voulu se charger de ces mesures la veille et pendant toute la journée de l'éclipse.

Il y a joint l'observation d'un thermomètre afin de déterminer l'abaissement de température produit par l'éclipse.

Quelques photographies du paysage ont été prises aux divers moments du phénomène par le Père Dierckx, du Collège Notre-Dame de la Paix, lequel a également esquissé un dessin du soleil au moment de la phase maximum.

Les données recueillies vont faire l'objet d'un travail d'ensemble dont on pourra, sans aucun doute, tirer des conclusions précises et intéressantes.

Nous prions les hautes personnalités qui ont daigné s'intéresser à nos recherches de trouver ici l'expression de notre vive gratitude. Nos aides nombreux et dévoués ont droit également à nos meilleurs remerciements.

* * *

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Massart (*Jean*). Pour la protection de la nature en Belgique. Bruxelles, 1912 ; extr. gr. in-8° (308 p., grav. et carte).

Pelseneer (*Paul*). L'hermaphroditisme chez les Lamellibranches. Iéna, 1911 ; extr. in-8° (pp. 444-446).

Stroobant (*Paul*). L'éclipse de soleil du 17 avril 1912. Bruxelles, 1912 ; extr. in-4° (7 p., 5 fig.).

Collections zoologiques du baron Edm. de Selys Longchamps. Catalogue systématique et descriptif. 15 cahiers in-4°.

Fasc. III. Embiides, par G. Enderlein. Bruxelles, 1912 (121 p., texte allemand, 4 pl. et 76 fig.).

Fasc. V. Mégaloptères, par H. Van de Weele. 1re partie, 1910 (93 p., texte anglais, 4 pl. et 70 fig.).

Fasc. VI. Trichoptères, par G. Ulmer. 1re et 2e parties, 1907 (pp. 102 + 121, texte allemand, 4 + 6 pl. et 132 + 119 fig.).

Fasc. VIII. Ascalaphides, par X. Van de Weele. 1908 (326 p., texte allemand, 2 pl. et 254 fig.).

Fasc. IX-XIII. Libellulines, par F. Ris. 1909-1911 (700 p., texte allemand, 5 pl. et 404 fig.).

Fasc. XVII. Cordulines, par R. Martin. 1906 (98 p., texte français, 3 pl. et 182 fig.).

Fasc. XVIII-XX. Aeschnines, par R. Martin. 1908 (223 p., texte français, 6 pl. et 219 fig.).

Fasc. XXXI. Oiseaux, par J. Fraipont. 1910 (130 p., texte français, et 2 pl.).

Fasc. XXXII. Mammifères, Reptiles, Amphibiens et Poissons, par J. Fraipont. 1907 (79 p , texte français).

Bruxelles. *Observatoire royal de Belgique.* Annuaire astronomique publié sous la direction de G. Lecointe, 1913. Bruxelles, 1912; in-16.

Charleroi. *Société d'archéologie et de paléontologie.* Notice descriptive du Musée. Conférences. 1911 ; in-8°.

Kernbaum (*M.*). Sur la décomposition de l'eau par les rayons solaires. Cracovie, 1911 ; extr. in-8° (pp. 583-586, fig.).

Schwoerer (*Emile*). Thermodynamique appliquée. Le principe de l'équivalence. Paris; extr. in-8° (47 p.).

Bauer (*L.-A.*). On the normal magnetic elements at the Mauritius magnetic Observatory. Colombo, 1911; extr. in-8° (4 p.).

— Department of terrestrial magnetism : General summary. Washington, 1911 ; extr. in-8° (12 p. et 1 carte).

Fleming (*J.-A.*). Mean values of the magnetic elements at Observatories. Washington, 1911 ; extr. in-8° (6 p.).

Backhouse (*T.-W.*). Catalogue of 9842 stars, or all stars very conspicuous to the naked eye, for the epoch of 1900. Sunderland, 1911 ; in-4° (xx-186 p.).

Legge (*A. di*) et *Giacomelli.* Catalogo di stelle compilato sulle osservazioni fatte all' Osservatorio del Campidoglio. Rome, 1911, in-4° (xxi-75 p.).

Turin. *R. Accademia delle scienze.* Onoranze centenarie internazionali ad Amedeo Avogadro (24 Settembre 1911). Turin, 1911 ; pet. in-4° (110 p.).

Albert Ier de Monaco (*S. A. Mgr le Prince*). Résultats des campagnes scientifiques, fascicules 35 et 36. Monaco, 1911 : 2 cah in-4°.

D'Almeida Lima (*João-Maria*). Le climat de Lisbonne et sa variation. Lisbonne, 1911 ; in-4° (31 p., graphiques).

Nijland (*A.-A.*). Het nut der sterrekunde. Rede uitgesproken den 26en Maart 1912 op den 276en gedenkdag van de stichting der Utrechtsche Hoogeschool. Utrecht, 1912; in-8° (41 p.).

* * *

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 20 avril 1912.*

Correspondance.

Liber memorialis de la manifestation J. Neuberg. — M. Merry del Val, Ministre d'Espagne, envoie le programme des cours de vacances à Madrid, en 1912. — Programme du concours pour 1914 de l'Institut Montefiore. — Catalogue des collections zoologiques du baron Edm. de Selys Longchamps. — La Société royale de botanique invite les Académiciens à prendre part aux réunions de son cinquantenaire. — Le XIVe Congrès d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques aura lieu à Genève, en septembre. — Célébration du XXe anniversaire de la mort du général Ibañez. — M. Rutot appuie la communication faite par M. le chevalier Marchal pour voir réaliser, sans tarder, les dispositions d'Agathon De Potter. — Adresse à la Société royale de Londres. — Hommages d'ouvrages. — Travaux à l'examen . . 173

Proposition de créer un prix de géographie. 176

Élections.

Candidatures pour les places vacantes 176

Rapports.

Avis-verbal de M. Léon Fredericq (Sur la contraction alternante du myocarde et son électrogramme; par Henri Fredericq). 177

Avis-verbal de MM. Jorissen et Swarts (Action de la lithine sur le carbonate de calcium; par Oechsner de Coninck). 177

Rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige (Cirro-cumulus et alto-cumulus; par J. Vincent) 177, 178

Rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin (Sur la cinématique des milieux continus; par Th. De Donder) 179
Rapport de M. De Heen (Nouvelles recherches sur la constante de réfraction, 2e et 3e notes; par P. Schwers) 179
Rapports de MM. V. Willem et Aug. Lameere (Études sur les Chironomides de Belgique; par M. Goetgebuer) 180, 181
Rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin (Sur la stabilité de l'aéroplane; par Julien Pacotte) 181
Rapport de M. le Paige (Observations faites à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. Lucas) 183

Communications et lectures.

PHYSIOLOGIE. — *Isolement par écrasement de l'oreillette droite sur le cœur vivant du chien* (2 planches); par Léon Fredericq 184
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude graphique des surfaces capillaires* (2 planches); par J.-E. Verschaffelt et Ch. Nicaise 192
CHIMIE. — *Action de la lithine sur le carbonate de calcium* ; par W. Oechsner de Coninck. 201
PHYSIOLOGIE. — *La contraction alternante du myocarde et son électrogramme* (4 planches); par Henri Fredericq 203
MÉTÉOROLOGIE. — *Cirro-cumulus et alto-cumulus;* par J. Vincent 217
MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la cinématique des milieux continus;* par Th. De Donder. 243
PHYSIQUE. — *Nouvelles recherches sur la « constante de réfraction »*, deuxième et troisième notes (1 fig.); par F. Schwers 252, 283
MÉCANIQUE. — *Recherches sur la stabilité de l'aéroplane;* par Julien Pacotte . 292
ASTRONOMIE. — *Observations faites au Laboratoire de physique du Collège Notre-Dame de la Paix à Namur, par plusieurs Pères de la Compagnie de Jésus, à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912* (1 fig.); par le P. Lucas, S. J. 311

Bulletin bibliographique 316

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

6.493
.A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 5

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 18 1937
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 7 mai 1912.

M. Ch. **Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* A. Rutot, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, M^{el} Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, Paul Pelseneer, A. Lameere, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, *membres;* A. de Hemptinne, P. Stroobant, J. Verschaffelt, Louis Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

Absence motivée : M. Gravis.

CORRESPONDANCE.

L'Observatoire météorologique de Blue Hill annonce la mort de son fondateur et directeur, l'abbé Lawrence Rotch, décédé à Boston (Massachusetts) le 7 avril dernier. — Condoléances.

— Hommages d'ouvrages :

Communications préliminaires sur le limon hesbayen; par Max. Lohest et Charles Fraipont;

Icones plantarum Formosanarum. Fasciculus I, by B. Hayata (offert par le Gouvernement de Formose);

La machine à influence, son évolution, sa théorie; par le R. P. Victor Schaffers, S. J.

— Remerciements.

— Travaux à l'examen :

Deux travaux manuscrits de M. J. Vincent, directeur du Service météorologique de l'Observatoire royal d'Uccle (*Les annonces de tempêtes; — les sondages aériens du service météorologique*), sont envoyés à l'examen de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige.

ÉLECTION.

M. Mourlon est réélu délégué auprès de la Commission administrative pour l'exercice 1912-1913.

COMITÉ SECRET.

La Classe procède à la discussion des titres des candidats aux places vacantes et elle en arrête définitivement la liste. Les élections auront lieu à la prochaine séance, fixée au samedi 1er juin.

RAPPORTS.

Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à températures élevées, par R. De Muynck.

Rapport de M. A. de Hemptinne, premier commissaire.

« Dans la première partie de son travail, l'auteur a mesuré le potentiel de décharge entre une sphère métallique et un fil de platine chauffé à une température plus ou moins élevée au moyen d'un courant électrique.

L'échauffement a toujours pour effet d'abaisser le potentiel de décharge; cet effet est en général plus marqué lorsque le fil est négatif.

Pourtant à la température ordinaire on ne constate aucun effet d'unipolarité. C'est un résultat surprenant et imprévu; étant donné le faible diamètre du fil, $0^{cm}025$, il peut donc être plus ou moins assimilé à une pointe. Or, on sait que la décharge entre une pointe et une sphère ou un plan présente des effets très sensibles d'unipolarité.

La seconde partie du mémoire contient les résultats de la mesure du potentiel de décharge entre des électrodes de grande surface et de natures différentes; l'auteur étudie aussi l'influence de la température.

Il n'a pas constaté de phénomènes d'unipolarité, mais un abaissement du potentiel de décharge.

Pour expliquer le phénomène, il y a lieu de tenir compte de plusieurs facteurs, notamment de la diminution de la densité de la couche gazeuse entre les électrodes et au contact avec celles-ci. L'émission des ions par les électrodes ne semble pas jouer un rôle important.

Le travail de M. De Muynck a été fait avec grand soin; c'est une contribution intéressante à l'étude du potentiel de décharge. J'en propose l'impression dans les *Bulletins*. »

M. P. De Heen, second commissaire, se rallie aux conclusions du premier commissaire.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

Enregistrement cinématographique de l'éclipse de Soleil du 17 avril 1912, par le P. Willaert, S. J.

Rapport de M. le Paige.

« J'ai l'honneur de présenter à la Classe une courte note sur l'enregistrement cinématographique de l'éclipse solaire du 17 avril. Elle m'est parvenue trop tardivement pour la communiquer à notre dernière réunion en même temps que celle du P. Lucas dont elle forme un complément.

L'auteur y décrit, très sommairement, le procédé dont il a fait usage et les résultats les plus intéressants qu'il déduit de ses observations.

Je prie la Classe d'en ordonner l'impression au *Bulletin*. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

ASTRONOMIE. — **Note préliminaire sur les observations effectuées par le Service astronomique de l'Observatoire royal pendant l'éclipse de Soleil du 17 avril 1912,**

par G. LECOINTE, correspondant de l'Académie.

L'éclipse de Soleil du 17 avril 1912 présentant un intérêt scientifique particulier et pouvant être étudiée dans des conditions avantageuses en Belgique, nous avons cru devoir préparer avec un soin minutieux l'observation de ce phénomène par le Service astronomique de l'Observatoire royal.

Le doute qui régnait sur la position de la ligne de centralité nous a engagé à répartir comme suit cinq observateurs le long de la ligne présumée :

A Montbliart. — Astronomie et subsidiairement certaines observations météorologiques; *observateur :* M. Lecointe, directeur; *aides :* MM. Delpierre et Vanden Schrieck.

A Rance (*village*). — Astronomie; *observateur :* M. Stroobant, astronome; *aide :* M. Van Campenhout.

A Rance (*pavillon de chasse du prince de Chimay*). — Astronomie et électricité atmosphérique; *observateurs :* MM. Delvosal, astronome, et Hermant, assistant.

A Malonne. — Astronomie et magnétisme terrestre; *observateur :* M. Somville, astronome.

Nous avions aussi installé, à *Froidchapelle* et à *Solre-Saint-Géry,* deux stations à la tête desquelles se trouvait M. Van Biesbroeck, astronome adjoint, qui nous avait proposé l'emploi d'une méthode nouvelle pour la détermination précise du diamètre lunaire, indépendamment de l'erreur des tables de la

Lune et de celle des positions géographiques absolues des stations. M. Casteels, assistant, ainsi que deux aides, MM. Coutrez et Simoens, étaient adjoints à M. Van Biesbroeck.

Enfin, l'Observatoire royal lui-même n'avait pas été complètement privé, à Uccle, de son personnel scientifique; les instruments y avaient été répartis comme suit :

Lunette visuelle de l'équatorial photographique de Gautier; *observateur :* M. Philippot, astronome.

Équatorial de Cooke-Merz, de 38 centimètres d'ouverture; *observateur :* M. Bijl, astronome adjoint.

Cercle méridien de Repsold et lunette méridienne portative de Troughton et Simms; *observateur :* M. Jamar, assistant; *aide :* M. Lories.

Équatorial de Troughton et Simms ; service de l'heure ; réception des signaux horaires de la Tour Eiffel ; *observateurs :* MM. Moreau, stagiaire assistant, et Théodosiu, astronome au titre étranger, à Uccle.

Cette répartition du personnel et du matériel étant indiquée, nous examinerons, dans ses grandes lignes, le fonctionnement des divers services et les résultats généraux obtenus.

Service de l'heure. — Les stations de Solre Saint-Géry et de Froidchapelle possédaient chacune une pendule astronomique de précision, un chronographe de Hipp et une installation complète de campagne pour la réception des radio-télégrammes; chacune des autres stations disposait d'un chronomètre de marine; tous les postes étaient reliés au réseau téléphonique de l'État.

Les heures ont été reçues par la télégraphie sans fil, selon le schéma habituel des émissions de la Tour Eiffel, aux instants suivants : 8 h. 45 m., 10 h. 45 m., 12 h. 45 m. et 14 h. 45 m.; elles étaient ensuite transmises téléphoniquement par M. Delporte à chacun des observateurs, à des moments fixés préalablement. De cette manière, toutes les heures renseignées dans la présente note, y compris celles qui se rapportent à Uccle (où l'on possède depuis un an des récepteurs pour radio-télégrammes), correspondent à un temps unique : celui de la Tour Eiffel.

Nous avons adopté ce temps, *bien que notre service méridien détermine l'heure très exactement,* parce que nous procédons en ce moment à une nouvelle détermination de la différence de longitude entre Uccle et Paris, qui, vraisemblablement, changera quelque peu les chiffres admis jusqu'à ce jour pour la longitude d'Uccle. Nos résultats ont été rendus ainsi plus facilement comparables à ceux des observatoires français et de divers autres pays qui, eux aussi, ont basé leurs travaux, le 17 avril, sur les signaux horaires de la Tour Eiffel.

Heures des contacts et généralités sur le phénomène. — Les heures des contacts, ainsi que les angles au pôle et au zénith, avaient été calculés pour chacune des stations; les nombres ainsi trouvés ont correspondu sensiblement à ceux qui ont été obtenus par l'observation et qui sont reproduits, en tableau, à la fin de ce paragraphe. Voici les particularités notées vers le moment de la centralité :

Vers 12 h. 12 m., un trait brillant, nettement détaché du reste du croissant par un point obscur, s'est dessiné près de la corne sud. Peu après, cette dernière elle-même s'est fractionnée en d'autres traits brillants séparés par des points obscurs. M. Stroobant signale, en outre, un léger étranglement près de la corne nord, un peu après 12 h. 12 m.

Au moment de la phase maximum, le disque lunaire apparut entouré d'un collier de traits brillants, de longueur et d'épaisseur diverses.

M. Lecointe signale que, vers le Nord-Ouest, les traits brillants étaient un peu plus larges que vers le Sud-Est, dans le rapport de 3 à 2 environ; M. Stroobant, au contraire, renseigne que la largeur de la partie brillante semblait un peu plus grande vers le Sud que vers le Nord, dans le rapport de 4 à 3 environ. Il en résulte que la ligne de centralité passait sensiblement entre ces deux observateurs.

Les heures notées par M. Lecointe pour les contacts intérieurs correspondent : la première, à l'instant où les sommets lunaires atteignirent le bord nord-est du Soleil, alors que la dentelure existait encore à la partie sud-ouest; la seconde, au moment où les traits brillants de la partie sud-ouest se rejoignirent pour former un trait continu.

Pour M. Stroobant, l'instant du premier contact est celui de l'apparition d'un filet brillant continu.

Les observations faites par MM. Delvosal, Somville et Hermant concordent avec les précédentes, d'où l'on peut déduire que les stations de ces observateurs se trouvaient, elles aussi, sensiblement sur la ligne de centralité.

On doit conclure de ce qui précède que l'éclipse fut annulaire en Belgique pendant un temps très court, mais que ce fait est dû aux dépressions lunaires. Il conviendrait donc, pour l'avenir, de définir d'une façon plus précise le diamètre de notre satellite; *par exemple*, en le considérant comme étant la moyenne entre ceux de deux cercles concentriques passant par le sommet de la plus forte proéminence et le fond de la plus grande dépression.

D'un autre côté, *ainsi qu'on l'avait recherché* d'ailleurs en vue des observations qui seront exposées plus loin, les stations de Solre-Saint-Géry et de Froidchapelle ont donné des résultats indiquant qu'elles se trouvaient, la première au Nord et la seconde au Sud, à des distances légèrement inégales de la ligne de centralité.

Détermination du diamètre lunaire. — La méthode proposée par M. Van Biesbroeck pour la détermination du diamètre lunaire, lors d'une éclipse de Soleil, peut se résumer brièvement comme suit :

Supposons qu'on ait pris une photographie du phénomène, rigoureusement au même instant, dans deux stations I et II, situées de part et d'autre de la ligne de centralité, au moment de la phase maximum.

REMARQUES.
avec prisme).
né le premier contact extérieur avec un retard de $0^s,5$ environ. Le deuxième resque immédiatement après le premier contact intérieur, n'a pu être noté. obtenu par une observation directe et le premier contact intérieur par pro-
ement au travers d'un coin en verre bleu fumé, permettant de modifier à
Un anneau lumineux a été visible pendant environ 1 seconde.
e en verre bleu foncé. La rotation du croissant a duré environ 8 secondes; age directe).
te teinte neutre. La rotation du croissant a duré 4 à 5 secondes; elle s'est cte).
manœuvre des obturateurs électriques des deux stations, s'est trouvé par ce r directement les moments des contacts.
e en verre rouge foncé.
ier contact a été gênée par un léger voile de cirrus. Le croissant du Soleil, , était nettement blanc. M. Bijl a vérifié ce fait à l'aide d'écrans coloriés passant laire.
L'observateur estime avoir fait une erreur d'une minute lors de l'inscription
. Les observateurs estiment avoir fait une erreur d'une minute lors de r contact.

OBSERVATIONS RELATIVES AUX CONTACTS.

STATIONS.	OBSERVATEURS.	HEURES TEMPS CIVIL DE GREENWICH (1), DU				EMPLACEMENTS ET COORDONNÉES GRAPHIQUES APPROCHÉES (2).	INDICATIONS SOMMAIRES SUR LES INSTRUMENTS.	REMARQUES.
		premier contact extérieur.	premier contact intérieur.	deuxième contact intérieur.	deuxième contact extérieur.			
		h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.			
Montbliart	LECOINTE.	. . . .	12 14 14.1	12 14 14,6	13 35 22.5	Cour de l'école communale des filles. $L = 50^{\circ}8'6''$ $G = 16^{m}54^{s},2$	Lunette de Brashear, montée équatorialement, objectif de $12^{cm}5$ d'ouverture, avec écran en mousseline, grossissement : 50.	Observations faites par projection (avec prisme).
1 Rance.	STROOBANT.	10 53 32,55	12 14 21,3	. . .	Nuages.	Potager de la Banque François. $L = 50^{\circ}8'34''$ $G = 17^{m}6^{s},6$	Lunette de Maillat, montée équatorialement, objectif de $7^{cm}5$ d'ouverture, sans écran, grossissement : 75.	L'observateur estime avoir determiné le premier contact extérieur avec un retard de $0^{s},5$ environ. Le deuxième contact intérieur, ayant eu lieu presque immédiatement après le premier contact intérieur, n'a pu être noté. Le premier contact extérieur est obtenu par une observation directe et le premier contact intérieur par projection.
2 Rance. . .	DELVOSAL.	10 53 48,0	12 14 16,5	. . .	Idem.	Pavillon de chasse du prince de Chimay. $L = 50^{\circ}9'0''$ $G = 17^{m}3^{s},2$	Lunette de Dollond, montée équatorialement, objectif de 11 centimètres d'ouverture, avec écran en mousseline, grossissement : 140.	Les observations sont faites directement au travers d'un coin en verre bleu fumé, permettant de modifier à volonté l'intensité de la lumière.
3 Rance.	HERMANT.	10 53 40,4	12 14 19,1	. . . .	Idem.	Idem.	Théodolite de Chasselon, objectif de $2^{cm}2$ d'ouverture, sans écran, grossissement : 16.	Observations faites par projection.
Malonne	SOMVILLE.	10 54 27,0	12 15 24,0	. . .	13 36 07,0	Établissement Saint-Berthuin. $L = 50^{\circ}26'13''$ $G = 19^{m}11^{s},0$	Théodolite de Troughton et Simms, objectif de 4 centimètres d'ouverture, sans écran, grossissement : 40.	Observations faites par projection. Un anneau lumineux a été visible pendant environ 1 seconde.
1 Solre-Saint-Géry. . . .	CASTEELS	10 53 32,0	Eclipse partielle		13 35 24,0	Prairie située en face de l'auberge de M. Hannoteau. $L = 50^{\circ}13'2''$ $G = 16^{m}57^{s},8$	Équatorial de Cooke-Merz, objectif de 16 centimètres d'ouverture, jumelé avec un photoheliographe Van Biesbroeck-Grieten, avec écran en mousseline et diaphragme réduisant l'ouverture à $9^{cm}5$, grossissement : 50.	Observations directes, avec bonnette en verre bleu foncé. La rotation du croissant a duré environ 8 secondes; elle s'est opérée vers la droite (image directe).
2 Solre Saint-Gery.	DELPORTE.	10 53 29 0	Idem.		13 35 23,4	Idem.	Chercheur de comètes; objectif de 9 centimètres d'ouverture, sans écran, grossissement : 10.	Observations directes, avec bonnette teinte neutre. La rotation du croissant a duré 4 à 5 secondes; elle s'est opérée vers la droite (image directe).
Froidchapelle	VAN BIESBROECK.	—	Idem.		—	Prairie à l'Est de l'auberge de M. Marciat. $L = 50^{\circ}7'36''$ $G = 17^{m}16^{s},2$	Équatorial de Cooke-Steinheil, objectif de 15 centimètres d'ouverture, jumelé avec un photohéliographe Van Biesbroeck-Grieten.	M. Van Biesbroeck, absorbé par la manœuvre des obturateurs électriques des deux stations, s'est trouvé par ce fait dans l'impossibilité d'observer directement les moments des contacts.
1 Uccle.	PHILIPPOT.	10 54 18,0	Idem.		13 35 50,0	Observatoire (3). $L = 50^{\circ}47'55'',5$ $G = 17^{m}26^{s},9$	Lunette viseur de l'équatorial de Gautier, objectif de 20 centimètres d'ouverture, avec écran en mousseline, grossissement : 150.	Observations directes, avec bonnette en verre rouge foncé.
2 Uccle	BIJL.	10 54 28,8	Idem.		13 36 05,7	Idem.	Équatorial de Cooke-Merz, objectif de 38 centimètres d'ouverture.	Observations directes; celle du dernier contact a été gênée par un léger voile de cirrus. Le croissant du Soleil, visible pendant la phase centrale, était nettement blanc. M. Bijl a vérifié ce fait à l'aide d'écrans coloriés passant par toute la gamme du spectre solaire.
3 Uccle . . .	JAMAR.	10 55 20,0	Idem.		13 35 45,0	Idem.	Lunette méridienne portative de Troughton et Simms, objectif de 4 centimètres d'ouverture, sans écran, grossissement : 50	Observations faites par projection. L'observateur estime avoir fait une erreur d'une minute lors de l'inscription de l'heure du premier contact.
4 Uccle.	MOREAU et THÉODOSIU.	10 55 22,0	Idem.		13 35 50,0	Idem.	Équatorial de Troughton et Simms, objectif de $9^{cm}5$ d'ouverture, sans écran, grossissement : 100.	Observations faites par projection. Les observateurs estiment avoir fait une erreur d'une minute lors de l'inscription de l'heure du premier contact.

(1) Ces heures doivent subir une légère correction, comme il est dit dans le texte de la présente note.

(2) Les latitudes L sont boréales. Les longitudes G sont comptées vers l'Est à partir du méridien de Greenwich.

(3) Une nouvelle détermination de la longitude de l'Observatoire d'Uccle est actuellement en cours. La valeur indiquée ci-dessus est vraisemblablement trop forte de $0^{s},9$.

Désignons par d_1 la distance des centres du Soleil et de la Lune, vue de la station I, et d_2 la valeur de cette distance vue de la station II.

Soient l'_1 et l'_2 les largeurs du croissant, mesurées sur les clichés I et II. Ces largeurs sont affectées des effets de l'irradiation, qu'on peut évaluer assez exactement par d'autres mesures effectuées sur le même cliché.

Si l'on appelle l_1 et l_2 les valeurs de l'_1 et l'_2 corrigées des effets de l'irradiation, on aura une relation entre $(d_1 - d_2)$, l_1 et l_2.

D'un autre côté, la somme des distances des centres $(d_1 + d_2)$, qui n'est autre que la parallaxe résultant du déplacement des stations, s'obtiendra directement par le calcul; de sorte que, connaissant cette somme et la différence des deux distances d_1 et d_2, on pourra calculer chacune d'elles.

Enfin, comme la différence cherchée (S – L) des diamètres du Soleil et de la Lune est une fonction de l_1 et d_1 ou de l_2 et d_2, les deux clichés pris dans les stations I et II donneront chacun une valeur de la différence cherchée (S — L).

Pour réaliser pratiquement le problème, MM. Van Biesbroeck, astronome adjoint, et Grieten, mécanicien de l'Observatoire, ont construit deux photohéliographes *identiques* dont les objectifs (de Zeiss) avaient une ouverture de $8^{cm}0$ et une distance focale de $1^{m}50$.

Les objectifs étaient munis d'obturateurs à rideau (de Zeiss), à fente variable, à déclanchement électrique. Pour que les déclanchements aient lieu rigoureusement au même moment, ils étaient réunis par un même circuit; le commutateur était manié par M. Van Biesbroeck.

Le magasin de chaque photohéliographe contenait quarante plaques antihalo. Les images solaires données par ces instruments avaient un diamètre de 60 millimètres ; la durée d'exposition des plaques était d'environ $^1/_{25}$ de seconde.

Les photohéliographes étaient jumelés sur des équatoriaux (équatorial de Cooke-Steinheil de 15 centimètres d'ouverture et équatorial de Cooke-Merz de 16 centimètres d'ouverture) ; ils avaient été réglés avec le plus grand soin. Des expériences préliminaires avaient été faites à Uccle et dans le Hainaut, afin de fixer la résistance électrique dont il y avait lieu de faire usage dans chaque station, pour que les déclanchements se produisent rigoureusement au même moment.

Enfin, les heures des déclanchements étaient enregistrées automatiquement, dans chaque station, sur un chronographe, et les observateurs étaient maintenus en communication téléphonique directe.

Les plaques ont été exposées, le 17 avril, conformément à un programme détaillé, arrêté antérieurement. Il a été pris deux séries chacune de huit clichés, vers les contacts extérieurs, et une série de seize plaques au voisinage de la phase maximum ; il a été pris aussi six plaques à deux poses, dans chaque poste, l'instrument étant immobile, afin d'obtenir les constantes nécessaires à la réduction des clichés. Malgré les complications de l'installation, aucun incident ne s'est produit ; mais les dernières plaques obtenues à Froidchapelle ne donnent plus qu'une très vague image du Soleil, le ciel étant presque entièrement voilé de nuages à ce moment.

Les photographies accusent une grande richesse de détails. Celles qui correspondent à la phase maximum reproduisent d'une manière remarquable les « grains de Baily », comme on le voit sur la planche ci-contre, où nous avons mis en regard (fig. 1 et 2) un cliché obtenu à Froidchapelle avec celui qui fut pris au même instant à Solre-Saint-Géry. On constatera sur ces clichés que le premier poste, sans être dans la zone où l'éclipse se voyait annulairement, était plus près de la ligne centrale que le second.

Les autres figures de la planche ci-contre correspondent respectivement :

Figure 3, à une des plaques de la première série, montrant le Soleil peu après le premier contact extérieur ;

G. LECOINTE, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nº 5. 1912.

FIG. 1.

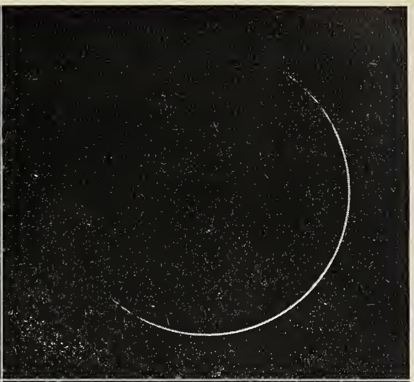


FIG. 2.

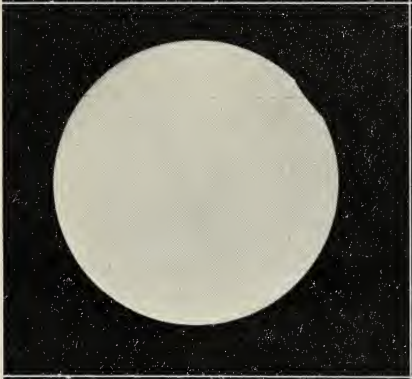


FIG. 3.

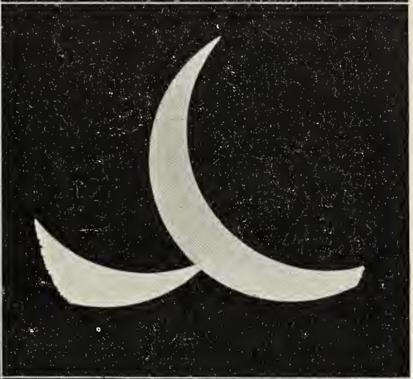


FIG. 4.

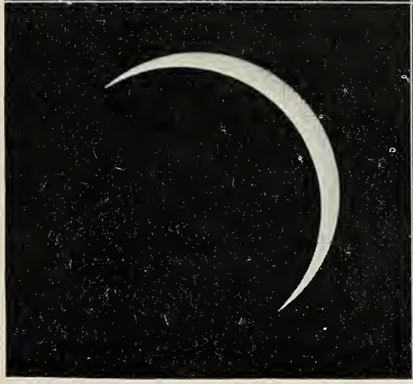


FIG. 5.

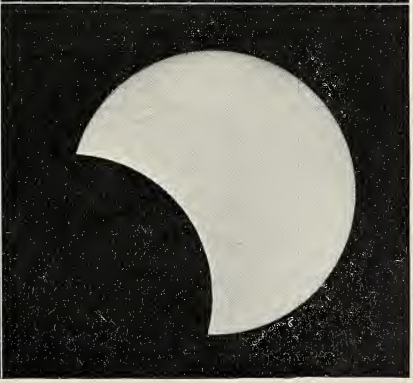


FIG. 6.

Figure 4, à une plaque comportant deux poses, la lunette étant immobile, pour déterminer l'orientation des fils du réticule;

Figure 5, à une plaque prise peu après la phase maximum;

Figure 6, à une plaque obtenue vers la fin du phénomène.

Les positions géographiques précises des deux postes d'observation, distants de 12 kilomètres environ, ont été déterminées immédiatement après l'éclipse.

Ainsi qu'il est dit au début de ce paragraphe, les conclusions à tirer de ces données dépendent de mesures qui nécessiteront un certain temps.

Phénomènes divers. — Aucun observateur n'a distingué le contour de la Lune, lorsque celle-ci se projetait sur la couronne, peu avant le commencement ou peu après la fin de l'éclipse; ils n'ont pas vu non plus des parties de notre satellite, se projetant, pendant l'éclipse, en dehors du disque solaire; ils n'ont pas eu l'occasion de noter d'occultation de taches solaires ou de facules par la Lune (les taches étant fort rares et de peu d'étendue, le 17 avril); tous renseignent que le disque de la Lune a conservé une couleur complètement noire; aucun n'a constaté que le bord concave du croissant solaire était plus brillant que le bord convexe.

Les cornes du croissant solaire ont été l'objet d'un examen attentif; l'effet de l'irradiation, élargissant en apparence le diamètre du Soleil, était sensible.

La partie du disque lunaire se projetant sur la photosphère a montré de nombreuses aspérités à proximité des deux cornes, avant la phase maximum, et, dans le voisinage de la corne sud, après cette phase.

A mesure que l'on approchait de la phase maximum, les ombres des objets terrestres se sont accentuées. Les arbres n'ayant guère de feuilles, il était impossible de définir la forme des taches lumineuses filtrant entre les branches. Mais le phénomène a été reconstitué artificiellement, à Montbliart, au moyen d'une feuille de papier perforée d'ouvertures de formes et de surfaces diverses.

La variation de la lumière du jour n'a été l'objet d'aucune mesure de précision; elle a surtout été sensible à partir de 11 h. 40 m. Au moment de la phase maximum, l'observateur de Montbliart, qui se trouvait sous une tente (afin que les images projetées fussent plus tranquilles et surtout plus claires), n'a plus pu distinguer que très vaguement les traits de division et la position des aiguilles sur le cadran d'un chronomètre de marine, placé à 50 centimètres de lui.

Vers midi, l'atmosphère et les objets terrestres ont pris une teinte livide très caractéristique; mais les visages n'ont pas présenté l'aspect cadavérique qu'on leur a trouvé parfois dans ces circonstances. Seul M. Delporte renseigne que les personnes avaient le teint cuivré ou olivâtre; la région apparaît, à 11 h. 50 m., à M. Stroobant comme elle le ferait sous l'influence d'un clair de lune; M. Philippot trouve que, vu du balcon de son équatorial, le paysage a pris le même aspect qu'au crépuscule.

M. Lecointe a observé, à 12 h. 25 m., deux traînées brillantes partant de la corne du Sud et dirigées, l'une, vers l'Est-Sud-Est et, l'autre, vers le Sud-Est. Elles avaient des longueurs sensiblement égales à un diamètre lunaire.

Aucun observateur n'a remarqué de parhélies ni de rayons horizontaux analogues à ceux qui furent renseignés par M^me^ Maedler lors de l'éclipse du 18 juillet 1860, aucun n'a vu des nuages irisés, ni constaté que l'atmosphère présentait une couleur spéciale.

Des arcs colorés sont renseignés par deux observateurs :

a) M. Lecointe aperçoit, à partir de 11 h. 30 m., un arc coloré (couleurs du spectre solaire) sur le disque lunaire parallèlement au croissant solaire. A mesure que le moment de la phase maximum approche, les arcs semblables se multiplient, sans demeurer parallèles au croissant, et se recoupent alors en formant des croix de Saint-André; à l'extérieur du disque solaire, on voit un arc parallèle au croissant. Après la phase maximum, le même phénomène se produit au croissant sud-ouest; mais cette fois l'arc extérieur au Soleil se subdivise en plusieurs autres qui demeurent d'abord parallèles, puis se recoupent à nouveau en croix de Saint-André;

b) M. Delporte renseigne, à 12 h. 5 m., une seconde image du croissant, « sorte de parhélie, teinte grisâtre argentée, non vue auparavant et qui subsiste après la phase maximum et la rotation du croissant ».

Ces deux observateurs, et particulièrement M. Lecointe (bien qu'il ait pris la précaution de faire constater le fait par M. Delpierre), font certaines réserves quant à la *réalité* de ces images; ils se demandent si elles ne proviennent pas simplement de leur objectif (et du prisme supplémentaire utilisé à Montbliart).

Des dispositions avaient été prises, en divers endroits, pour photographier les ombres volantes, mesurer la largeur des franges claires et obscures, ainsi que la direction de leur déplacement, dans le cas où elles auraient été vues. Or, si aucun de nos observateurs, très absorbés par d'autres sujets, ne les a aperçues, elles ont été distinguées, mais faiblement et d'une façon très fugitive (sur un mur blanc et sur des draps de lit disposés sur le sol), par diverses personnes se trouvant dans le jardin de M. François, à Rance.

M. Philippot a l'impression que la phase maximum, à Uccle, n'a pas atteint les dimensions prévues (0,985); M. Bijl arrive à une conclusion analogue en se basant sur des observations de passage, faites à l'équatorial, l'instrument étant immobile.

Les planètes Vénus et Mercure ont été vues aux environs de l'instant de la phase maximum.

Aucun observateur n'a aperçu la couronne solaire, ni de protubérances, ni de rayons en brosse implantés dans le croissant lumineux.

Observations méridiennes, à Uccle. — Elles ont été effectuées par M. Jamar et ont consisté en l'observation. en ascension droite et en déclinaison, lors de leur passage, de deux circompolaires, de onze étoiles équatoriales, du Soleil et de la Lune (un bord).

Observations relatives au magnétisme terrestre. — Un déclinomètre et un bifilaire avec enregistreur Mascart ont été installés par M. Somville, sur la ligne de centralité, dans des caves particulièrement propices de l'Établissement Saint-Berthuin, à Malonne. Les engrenages du mouvement d'horlogerie avaient été modifiés de manière à donner au châssis un déplacement de 2 centimètres à l'heure, et les appareils magnétiques avaient été placés à des distances de l'enregistreur telles que 1 millimètre de la courbe de déclinaison correspondait à une variation de 0,35 minute d'arc et 1 millimètre de la courbe du bifilaire à une variation de 0,000035 unité C. G. S.

Des essais préliminaires avaient montré qu'une balance d'inclinaison fonctionnerait dans de mauvaises conditions, par suite du voisinage du tramway électrique de Namur. Ce tramway est mû à l'électricité jusqu'à une distance de 4 kilomètres de l'établissement; mais son rail par lequel s'opère le retour est prolongé et utilisé par un tramway à vapeur qui passe à 70 mètres environ de l'enregistreur.

Pour l'obtention de l'heure, on a disposé d'un chronomètre réglé, par téléphone, une fois par jour sur les pendules de l'Observatoire.

Les installations ont fonctionné depuis le 29 mars 1912 et seront maintenues en service jusqu'au 1er mai de cette année (1).

L'influence du tramway électrique se fait faiblement sentir sur les courbes du déclinomètre et du bifilaire. Celles-ci montrent de faibles oscillations, plus tangibles toutefois pour la déclinaison

---

(1) Les feuilles de l'enregistreur sont changées, deux fois par jour, par le Fre Maxime, qui s'acquitte de cette tâche avec un soin minutieux.

(à cause de la grande multiplication probablement) que pour la composante horizontale; la nuit, le tracé est fin et très régulier.

De 10 h. 30 m. à 13 h. 11 m., le 17 avril, les courbes témoignent d'un calme magnétique parfait. Elles se prêtaient donc d'une façon particulièrement heureuse à la recherche des influences que l'éclipse aurait pu avoir sur les phénomènes magnétiques. Leur allure est identique à celle des courbes obtenues les jours de calme précédents, aux mêmes heures; mais elles renseignent de légers mouvements qui se sont produits avant et après l'éclipse.

Il est certain que les résultats relevés, le 17 avril, à Malonne ne sont pas de nature à trancher, à eux seuls, la question; toutefois, celle-ci sera vraisemblablement résolue lorsqu'on connaîtra les données fournies par les magnétographes d'autres observatoires.

Observations relatives à la conductibilité électrique spécifique de l'air. — Ces observations, dont le programme avait été arrêté au commencement du mois, ont été faites à Rance, à proximité du pavillon de chasse du prince de Chimay, par M. Hermant et se résument comme suit :

L'appareil de Gerdien (nouveau modèle) était placé sur une table, à $0^{m}70$ du sol, l'axe du cylindre orienté normalement à la direction du vent; la vitesse de rotation était d'environ deux tours par seconde. Il était chargé au moyen d'une pile Zamboni, de façon que les feuilles de l'électroscope fussent écartées d'environ 10 divisions.

L'observation a comporté quatre séries de mesures : une série avant, deux pendant et une après l'éclipse, chaque série comprenant trois mesures d'une durée de cinq minutes. Les deux premières mesures furent faites sous l'action du ventilateur, l'une avec charge positive et l'autre avec charge négative. La troisième mesure ne devait servir que de contrôle et n'avait pas à intervenir dans les calculs.

Les deux mesures effectuées pendant le phénomène donnent une chute du potentiel de 20,3 et de 23,1 volts, soit de 21,7 volts en moyenne. Les mesures faites avant et après accusent une chute de potentiel de 23,1 et 21,4 volts, soit de 22,3 volts en moyenne. On peut en conclure que l'effet de l'éclipse sur la conductibilité électrique spécifique de l'air a été peu appréciable.

Observations relatives à la température, la pression barométrique et l'état hygrométrique de l'air. — Il est intéressant d'examiner le tableau donné ci-après, qui fournit divers renseignements météorologiques observés pendant l'éclipse : 1° sur la ligne de centralité, par le personnel de notre Service; 2° à Uccle, par le Service météorologique de l'Observatoire, sous la direction de notre savant collègue M. Jean Vincent, et 3° par M. Dackweiler, à Arlon, donc dans une localité située assez en dehors de la ligne de centralité.

Ce tableau permet de conclure que l'éclipse n'a eu aucune influence sensible sur la pression barométrique ni sur l'état hygrométrique de l'air. Quant à l'influence qu'elle a exercée sur la température, elle est peu prononcée. D'après les lectures directes données ci-après, l'abaissement de la température, à Montbliart, n'a été que de 2°,8. Mais, comme le thermographe y renseigne une diminution de 3°,3 entre 11 h. 30 m. et 12 h. 14 m., une lecture directe, faite à ce moment, aurait dû donner 9°,5. Des autres lectures directes figurant dans le tableau ci-après, on déduit que les abaissements maxima de la température pendant l'éclipse ont été : à Rance, de 4°,7 ; à Uccle, de 2°,8 et à Arlon, de 3°,3. Ces abaissements sont peu en rapport avec le véritable saisissement de froid et d'humidité éprouvé par les observateurs; au moment de la plus grande phase, à Montbliart et en diverses autres localités, ceux-ci ont ressenti une sensation analogue à celle qui se manifeste lorsqu'une forte ondée va tomber; et cependant le ciel était absolument serein.

HEURES.	SUR LA LIGNE DE CENTRALITÉ.			EN DEHORS DE LA LIGNE DE CENTRALITÉ.					REMARQUES.
	MONTBLIART.		RANCE.	UCCLE.			ARLON.		
	Température.	Pression.	Température.	Température.	Pression.	Humidité °/o.	Température.	Humidité °/o.	
9h00m	11°,4	706,9	—	11°,9	755,5	58	—	—	*A Montbliart*, on disposait d'un thermographe et d'un barographe enregistreurs hebdomadaires de Bohne; les températures y ont été mesurées par MM. Lecointe, Delpierre et Van den Schrieck, à l'aide d'un thermomètre-fronde de Fuess. Les hauteurs barométriques sont les lectures *brutes* d'un baromètre altimétrique de précision de Bohne. *A Rance*, le thermomètre sec utilisé par M. Stroobant fut celui de psychromètre de M. Albert François, observateur correspondant du Service météorologique de l'Observatoire d'Uccle. *A Uccle*, la température et l'humidité sont données d'après l'enregistreur Ronalds; les hauteurs barométriques correspondent à une température de zéro degré.
10 00	11,6	706,5	—	12,9	55,1	61	—	—	
15	—	—	—	13.5	54,9	49	10°,1	57	
30	—	—	—	13,7	54.8	50	10 8	56	
45	—	—	—	14.6	54,6	45	10,4	57	
11 00	—	—	—	14.6	54,4	46	11,5	55	
10	—	—	13°,4	—	—	—	—	—	
15	—	—	—	13,7	54,4	49	10,8	57	
30	12,8	705,8	—	14,6	54,2	43	10,6	57	
45	12,6	705,7	—	13,3	54,1	45	9,9	57	
54	—	—	12,3	—	—	—	—	—	
55	11,8	—	—	—	—	—	—	—	
12 00	—	—	—	12,6	53,9	45	9,2	60	
4	—	—	11,8	—	—	—	—	—	
6	10,0	—	—	—	—	—	—	—	
15	—	—	—	11,9	53,9	47	8,9	60	
16	—	—	9,7	—	—	—	—	—	
20	10,4	—	—	—	—	—	—	—	
30	—	—	—	11,9	53,8	51	8,6	63	
35	10,0	—	—	—	—	—	—	—	
40	—	—	10,7	—	—	—	—	—	
45	—	—	—	12,7	53,8	51	9,3	62	
13 00	11,3	705.3	—	13,6	53,8	47	9,8	62	
15	—	—	—	14,7	53,7	48	10,6	60	
16	—	—	14,4	—	—	—	—	—	
30	—	—	—	14 0	53,6	52	10,0	60	
45	—	—	—	14,4	53,5	45	11,2	58	
14 00	—	—	—	14,5	53,4	46	11,9	55	

Électricité. — Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée,

par R. DE MUYNCK, professeur à l'Université de Louvain.

Le mécanisme de la formation de l'étincelle électrique paraît fixé dans ses grandes lignes par la théorie connue, basée sur l'ionisation des gaz. Pour l'explication cependant de divers côtés accessoires de la question, il reste à faire une mise au point, en vue de laquelle toute contribution expérimentale à l'étude de la décharge disruptive ne peut qu'offrir de l'intérêt.

Nous nous sommes proposé de rechercher l'influence exercée sur le potentiel disruptif par l'élévation de température d'une des électrodes.

Cette question, jusqu'à présent, n'a guère été étudiée systématiquement.

Herwig (*) fait jaillir l'étincelle de rupture d'une bobine d'induction entre deux fils de platine croisés; un galvanomètre intercalé dans le circuit montre qu'il passe une quantité d'électricité plus grande lorsque les fils sont rendus incandescents.

Wesendonck (**) étudie l'effet produit dans l'aspect de la décharge par l'incandescence d'une des électrodes. Il constate aussi que cette élévation de température provoque une diminution du potentiel de décharge, et cela quel que soit le signe de la charge du fil incandescent. Mais ses mesures sont peu nombreuses, et l'instrument dont il se sert, un électromètre à quadrants de Henley, modifié d'après Helmholtz, ne fournit pas de déterminations suffisamment précises pour l'étude du phénomène.

(*) *Pogg. Ann.*, n° 159, 1876, p. 565.

(**) *Wied. Ann.*, n° 30, 1887, p. 1.

Macfarlane (*) a observé que l'étincelle éclate entre deux fils de platine à 4 millimètres, pour une différence de potentiel qui est de 125 à froid, mais qui, après l'échauffement de l'un des fils, descend à une valeur moyenne de 93.

Voege (**) adopte un dispositif où l'étincelle se produit entre un fil de platine incandescent et une pointe en laiton. Il s'assure d'abord, au moyen de l'électroscope, que le fil chauffé émet des ions chargés positivement ; il mesure ensuite, au moyen d'un micromètre à pointes monté en parallèle, le potentiel disruptif. Il trouve que l'incandescence facilite la décharge lorsque le fil est cathode, mais qu'elle n'exerce pas d'influence sensible lorsque le fil est anode. Ses expériences ont porté sur des distances explosives relativement grandes : de 5 à 20 centimètres pour les charges négatives du fil et de 10 à 16 centimètres pour les charges positives. Le diamètre du fil n'est pas indiqué.

Nous avons essayé de mesurer avec précision la diminution du potentiel disruptif que produit l'élévation de température d'une des électrodes pour des distances explosives relativement faibles, en faisant varier la distance, la nature, la forme, la température et le signe des électrodes.

Dispositif. — La source d'électricité était une machine électrostatique mue à la main. Le potentiel se mesurait au moyen d'un électromètre de Wulf. Cet instrument s'est très bien prêté à ce genre de mesures ; il est d'un maniement facile, d'une lecture aisée et présente une sensibilité qu'on peut faire varier dans d'assez larges mesures. Il est vrai qu'il ne donne pas directement les valeurs absolues du potentiel et qu'on doit le graduer au préalable par comparaison avec un électromètre absolu ; mais, pour nos expériences, où il s'agissait de variations de potentiel, cela ne présentait pas grand inconvénient.

(*) *Phil. Mag.* (5) 10, 1880, p. 399.

(**) *Electrotechn. Zeitschr.*, 1905, p. 360.

Les résultats obtenus furent nettement différents d'après que l'électrode chauffée était un fil de platine ou une électrode à large surface : d'où la division de ce travail en deux parties.

PREMIÈRE PARTIE.

Une première série de mesures fut faite en adoptant comme électrodes un fil de platine de $0^{cm}025$ de diamètre et une sphère de laiton de $0^{cm}8$ de rayon. Tendu horizontalement sur une longueur de 50 centimètres et porté par des supports isolants, le fil pouvait être intercalé dans un circuit comprenant deux accumulateurs, une résistance variable et un ampèremètre de précision. Dans toutes les expériences il était relié au sol. En changeant les connexions, on pouvait, à volonté, rendre le fil positif et la sphère de laiton négative, ou inversement.

Dans les tableaux qui suivent, d désigne la distance explosive, exprimée en centimètres ; V donne, en U. E. S., le potentiel explosif ; i désigne l'intensité, en ampères, du courant qui parcourt le fil. Pour $i = 2.3$ le fil était chauffé sans être incandescent ; sous une intensité de 3.3 il était nettement lumineux.

Les deux premiers tableaux qui suivent se rapportent à des distances inférieures à 2 millimètres, les deux suivants à des étincelles comprises entre 3 et 5 centimètres.

Tableau 1.

Fil +	Fil —	Fil +	Fil —	Fil +	Fil —
$i = 0$		$i = 2.3$		$i = 3.3$	
		$d = 0.05$			
»	7.34	5.70	5.01	»	»
»	7.48	5.76	5.18	»	»
		$d = 0.1$			
11.87	11.80	8.67	7.71	»	»
11.75	11.57	8.45	7.83	»	»

Tableau 2.

Fil +	Fil —	Fil +	Fil —	Fil +	Fil —
		$d=0.05$			
7.48	7.31	6.12	5.70	»	
7.28	7.49	6.16	5.68	»	»
		$d=0.1$			
11.6	11.6	8.68	8.10	6.85	5.73
11.6	11.7	9.01	7.93	6.72	5.73
		$d=0.15$			
15.4	15.3	10.6	9.73	8.83	7.22
15.3	15.3	10.5	9.45	8.42	7.15

Tableau 3.

$i=0$		$i=2.3$		$1=3.3$	
		$d=0.25$			
18 8	19.6	15.2	12.7	Effluve	8.83
19.1	19.6	14.5	12.3	»	8.93
		$d=0.30$			
21.2	21.2	15.3	14.3	Effluve	10.0
21.1	21.5	15.9	14.2	»	10 0
		$d=0.35$			
23.0	23.1	Effluve	15.1	Effluve	Effluve
Effluve	23.0	»	15.1	»	»
		$d=0.40$			
Effluve	24.2	17.9	17.3	Effluve	Effluve
»	24.5	18.5	17.0	»	»
		$d=0.45$			
Effluve	26.4	Effluve	Effluve	»	»
»	26.1	»	»	»	»

Tableau 4.

		$d = 0.25$			
Effluve	19 0	12.4	10.3	Effluve	6.37
»	20.1	Effluve	10 5	»	6.50
		$d = 0.30$			
20.9	20.7	13.7	11.4	Effluve	7.00
20.7	20.8	13.5	11.0	»	7.00
		$d = 0.35$			
22 0	22.4	Effluve	12.5	Effluve	8.2
Effluve	21.9	»	12.4	»	8.2
		$d = 0.40$			
25.3	24.1 (probablement effluve).	Effluve	14.4	Effluve	9.37
»	24.1	»	14.5	»	9.37
		$d = 0.45$			
Effluve	Effluve	»	»	»	»

Pour bien se rendre compte de la portée de ces chiffres, il importe de noter que chacun des tableaux donne une série de mesures exécutées sans interruption notable, tandis qu'entre les mesures de deux tableaux différents, il y avait un intervalle de plusieurs heures ou même de plusieurs jours.

Or on voit, en comparant les divers chiffres :

1° Que pour $i = 0$, c'est-à-dire à la température du laboratoire, les résultats sont relativement concordants et, en outre, semblent indépendants du signe de la charge du fil ;

2° Que l'élévation de température se manifeste par une diminution du potentiel explosif. Cette diminution s'observe déjà pour $i = 2.3$, c'est-à-dire lorsque le fil est simplement échauffé, sans être incandescent. Elle se produit tant avec une charge positive qu'avec une charge négative du fil, mais elle est plus grande dans le dernier cas ;

3° Dans une même série de mesures, les nombres qui expriment les diminutions de potentiel provoquées par l'échauffement paraissent d'accord entre eux et présentent une variation régulière avec la distance, mais entre les nombres de deux tableaux différents la concordance n'existe plus : dans le tableau 4, par exemple, les diminutions sont notablement plus grandes que dans le tableau 3, alors que, pris isolément, les résultats de chacun des tableaux sont absolument conformes aux conclusions énoncées dans le 2°;

4° Dans certains cas, il se produit sur le fil une effluve avant que le potentiel nécessaire pour produire une étincelle soit atteint. On a beau, dans ce cas, augmenter la vitesse de rotation de la machine électrostatique, on ne parvient pas à obtenir une étincelle, mais toute l'électricité débitée par la machine passe sous forme d'effluves.

A plusieurs reprises s'est produit un phénomène singulier, qu'il n'est peut-être pas inutile de signaler en passant. Lorsque l'effluve a commencé à se former, l'observation de l'électromètre montre qu'une allure plus rapide de la machine permet d'élever le potentiel de 2 à 5 unités E. S., d'après la rapidité de la rotation. Si à ce moment on arrête la machine, on voit que le potentiel descend rapidement. Quelquefois alors une étincelle bien caractérisée se produit à un potentiel nettement inférieur au potentiel le plus élevé qui avait été atteint. Ce phénomène d'une étincelle se produisant dans la descente du potentiel, pour une différence pour laquelle, dans la montée, une étincelle n'avait pas été obtenue, a été observé très nettement à plusieurs reprises différentes. Il présente une certaine analogie avec l'expérience connue de Jaumann (*), qui, avec d'autres expériences similaires, fit conclure à celui-ci que le potentiel explosif dépend de $V \frac{dv}{dt}$ et non de V simplement. Dans notre expérience cependant, $\frac{dv}{dt}$ paraît très faible.

(*) *Wien. Sitzungsber.*, 97, pp. 765, 1888, voir J. J. THOMSON, *Conduction of Electricity through gases*, 2d Ed., p. 435, 1906.

Pour le reste, ces effluves se produisent de préférence lorsque le fil est positif et aussi, comme on devait s'y attendre, à des distances plus grandes, et sur un fil chauffé; mais leur apparition est très capricieuse, comme le montre bien le tableau 4, qui présente notamment plusieurs exemples de cas où, pour la même distance explosive et la même température du fil, il s'est produit tantôt une effluve, tantôt une étincelle.

Avant de chercher une explication des faits observés, et en vue précisément de cette explication, signalons que des résultats presque identiques aux nôtres ont été obtenus par Oberbeck (*) pour le potentiel initial, pour lequel l'électricité commence à s'écouler d'un fil de platine sous forme de décharge non disruptive. Il a fait des mesures sur deux fils dont le diamètre était de $0^{mm}05$ et de $0^{m}1$. Voici ses conclusions : « A la température ordinaire, ces potentiels sont sensiblement indépendants du signe de l'électrisation du fil... Une élévation de température du fil produit deux effets distincts : d'abord une diminution du potentiel de décharge pour les deux électricités; ensuite une unipolarité qui va en s'accentuant à mesure que la température monte. Le sens de cette unipolarité est tel que le potentiel de décharge est moindre lorsque le fil est négatif; en d'autres termes : à température élevée, une différence de potentiel soutire à un fil métallique une charge négative plus facilement qu'une charge positive. »

L'analogie de ces résultats avec les nôtres montre qu'il existe ici entre le potentiel initial et le potentiel disruptif un parallélisme remarquable.

Notons ensuite que d'après nos chiffres une variation du potentiel disruptif avec le signe du fil n'a pas été observée à froid.

Ce résultat à première vue est surprenant, car la décharge entre un fil et une sphère semble comparable au cas de la décharge entre une pointe et un plan, pour laquelle la théorie

---

(*) *Wied. Ann.*, 60, p. 193, 1897.

indique que le potentiel explosif doit être plus petit quand la pointe est négative. D'ailleurs, dans le cas général d'électrodes de dimensions inégales, Faraday (*) a trouvé pour le potentiel disruptif des valeurs différentes selon que la petite électrode est positive ou négative, et cette assertion a été confirmée par les mesures de De la rue et Müller (**). Il résulte notamment des chiffres donnés par ces auteurs que, si V_+ et V_- désignent les potentiels pour une charge positive et négative de la pointe, le rapport

$$\frac{V+}{V-}$$

est en général différent de l'unité. Il varie d'ailleurs avec la distance explosive : pour $0^{cm}05$ il est égal à 1.3 ; pour $d = 0^{cm}15$ environ, il passe par la valeur 1 et diminue ensuite graduellement jusqu'à la valeur 0.6, qu'il atteint pour une distance de $0^{cm}5$.

Si des variations de cet ordre de grandeur avaient eu lieu dans nos mesures, elles se seraient traduites par des écarts qui pour $d = 0.3$ auraient atteint 4 U. E. S., alors que, dans les chiffres que nous avons donnés, les différences ne sont pas systématiques et atteignent tout au plus 0.4 U. E. S.

Remarquons, d'autre part, que d'après Wesendonck (***) une étincelle entre électrodes inégales ne présente l'unipolarité que lorsqu'elle est accompagnée d'une décharge en forme d'aigrette ou d'effluves.

Est-ce là l'explication de l'absence d'unipolarité dans nos résultats? La chose semble douteuse, car dans la série de mesures à froid du tableau 4, qui ne présente pourtant pas l'unipolarité, l'apparition d'une effluve a été quelquefois notée. Ou bien faut-il conclure que la décharge entre une pointe et un plan

---

(*) *Experimental Researches*, 1480.

(**) *Philosoph. Transact. Roy. Soc. London*, 169, 1878, p. 77.

(***) *Wied. Ann.*, 38, 1889, p. 228.

n'est pas comparable en tous points à celle qui a lieu entre un fil et une sphère? On peut, par exemple, supposer que dans ce dernier cas le rapport

$$\frac{V+}{V-}$$

varie aussi avec le diamètre du fil et que, pour une certaine valeur de ce diamètre, celle qui était réalisée dans notre dispositif, ce rapport est sensiblement égal à l'unité. L'expérience seule pourrait nous renseigner à ce sujet. N'ayant pas trouvé dans la littérature scientifique un travail systématique de déterminations du potentiel disruptif entre électrodes sous forme de fil, nous avons fait nous-même dans ce sens quelques mesures sur des fils de diamètre variable (de 1 à 14 millimètres), placés à une distance donnée (1 ou 2 millimètres) d'une sphère. Ces expériences ont donné pour V + et V — des valeurs dont la différence n'atteint pas 3 °/₀ et dont il est difficile, par conséquent, de tirer une loi de variation régulière. Cependant les moyennes d'un grand nombre de mesures concordantes entre elles donnent au rapport

$$\frac{V+}{V-}$$

des valeurs légèrement supérieures à l'unité pour les fils de $0^{mm}1$ et $0^{mm}2$ de diamètre, tandis que pour les fils de $0^{mm}5$ et $0^{mm}9$ l'inverse se produit.

Par des considérations analogues à celles que nous venons de proposer, on pourrait essayer d'expliquer un autre résultat expérimental, qui se déduit de nos tableaux : l'apparition de l'unipolarité aux températures élevées. Ou bien encore on pourrait rappeler que l'effluve qui, d'après Wesendonck, est la condition nécessaire de l'unipolarité, apparaît de préférence aux températures élevées et qu'il n'est pas étonnant dès lors que c'est à ces températures-là que l'unipolarité se produit. Mais à cette interprétation s'oppose le fait rappelé plus haut, que l'effluve a quelquefois été observée aux températures ordinaires, auxquelles on n'a cependant pas obtenu de différence avec le signe.

Nous proposerons, à propos d'une théorie de Stark, que nous allons rencontrer, une explication peut-être plus acceptable.

Cherchons maintenant à expliquer la diminution du potentiel disruptif produite par l'échauffement d'une électrode.

On pourrait être tenté d'invoquer ici soit une ionisation, par élévation de température, de la gaine d'air qui entoure le fil de platine, soit l'émission, par le platine chauffé, d'ions positifs ou négatifs. Mais il faut noter que l'abaissement de potentiel a été observé aussi à des températures nettement inférieures au rouge. Or (*) un gaz chauffé ne s'ionise d'une manière appréciable qu'au rouge blanc. Quant à l'émission d'ions par le métal chauffé, on a cru pendant longtemps qu'elle ne se faisait pareillement qu'à la température d'incandescence, au rouge pour les ions positifs et au rouge blanc pour les ions négatifs. Mais Strutt (**) a montré que l'émission positive commence déjà à des températures notablement inférieures au rouge.

Cependant il n'est peut-être pas nécessaire, pour interpréter le phénomène observé, de recourir à l'ionisation, car J. Stark (***) suggère une autre explication.

Il observe que si un gaz est chauffé à pression constante, sa densité diminue, et le chemin de libre parcours des molécules augmente, de telle sorte qu'à ce point de vue une élévation de température est équivalente à une diminution de pression et produit par conséquent une diminution du potentiel nécessaire pour une décharge. Il y a plus : pour obtenir cette diminution, il n'est pas nécessaire, d'après les idées développées par Stark, que toute la masse intéressée à la décharge soit portée à une haute température, mais il suffit de chauffer la couche gazeuse qui

---

(*) Winkelmann, *Physik*, t. IV, p. 483, 1905.

(**) *Phil. Mag.* (6), 4, 1902, p. 98.

(***) *Ann. de Phys.*, 8, 1902, p. 830.

entoure immédiatement l'électrode de décharge : c'est en effet la longueur du chemin de libre parcours dans cette couche qui détermine l'abaissement du potentiel.

Ajoutons que cette explication judicieuse rend peut-être compte du fait que l'unipolarité, absente à froid, se manifeste aux températures élevées.

En effet, il résulte d'une expérience de Oberbeck (*) qu'un même fil à la pression atmosphérique ne présente pas l'unipolarité, tandis qu'à des pressions inférieures il la manifeste dans ce sens que l'abaissement est plus grand pour une charge négative. Or, si nous étendons à la décharge disruptive ce résultat trouvé pour le potentiel initial, et le parallélisme noté plus haut semble nous y autoriser, et si, de plus, un échauffement équivaut à une diminution de pression, on peut admettre qu'un fil d'un diamètre donné ne présente pas l'unipolarité à la température ordinaire, mais la manifeste lorsqu'il est chauffé, car élever la température du fil équivaut à le porter dans une atmosphère raréfiée, et ceci, d'après l'expérience citée, peut provoquer l'unipolarité.

Observons cependant que, tout en acceptant l'explication de Stark, on peut admettre que d'autres influences exercent leur action. Ainsi, à partir de la température à laquelle le métal commence à émettre des ions, ceux-ci peuvent intervenir

De fait Herweg (**) a montré que si on produit entre deux électrodes une ionisation abondante, on peut arriver à diminuer à peu près de moitié le potentiel explosif. Il est donc admissible que cette cause d'abaissement intervienne pour les mesures faites avec le fil incandescent ; mais il paraît difficile de démontrer la chose d'une façon rigoureuse, et encore plus difficile de calculer la part d'influence qui, dans l'abaissement du potentiel, serait exercée par l'une ou l'autre des causes que nous venons de mentionner.

(*) *Loc. cit.*, p. 207.

(**) *Ann. de Phys.*, 24, 1907, p. 328.

Les observations de Oberbeck expliquent aussi la production, à première vue capricieuse, d'une effluve au lieu de l'étincelle.

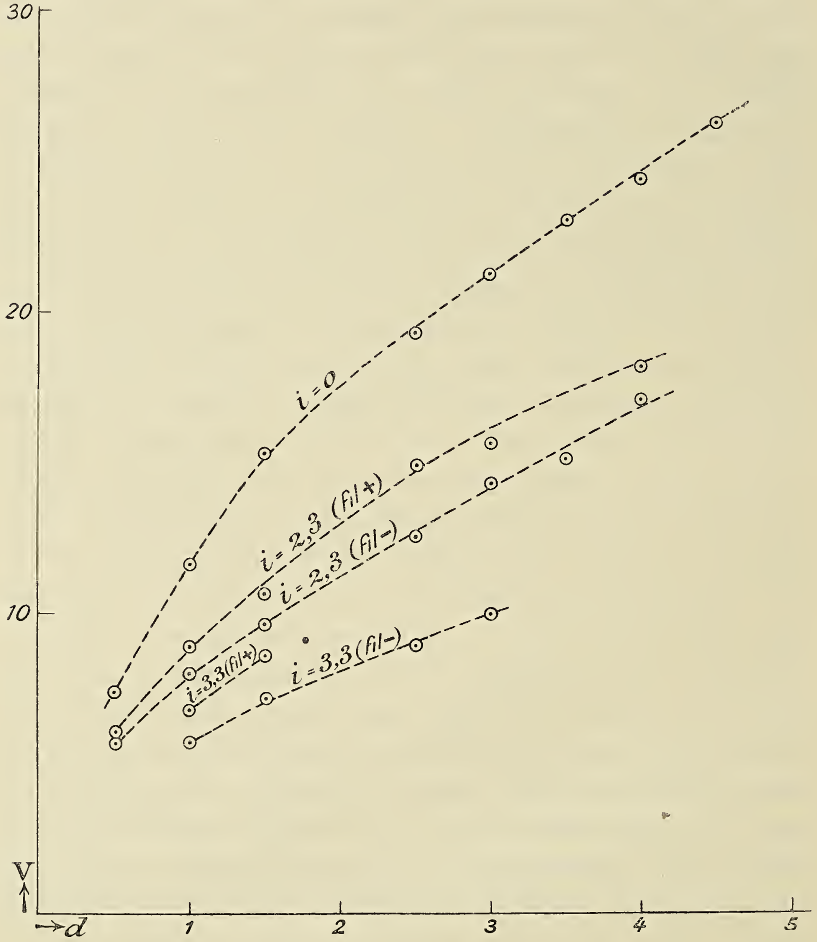
En effet, d'après cet auteur, le potentiel de décharge par effluves est sensiblement indépendant de la distance, tandis que, comme nos expériences le montrent, le potentiel disruptif augmente avec celle-ci.

Pour un fil donné, l'effluve se produira à un potentiel déterminé : si donc, à température ordinaire, la distance entre le fil et la sphère de laiton est faible, le potentiel disruptif étant inférieur au potentiel d'effluves, il se produira une étincelle. Augmentons graduellement la distance : le potentiel disruptif s'élève et finit par devenir supérieur au potentiel d'effluves; à partir de cette position, il se produira une effluve et non une étincelle. D'après nos expériences, ce point ne s'est pas présenté avec netteté; nous en examinerons la cause bientôt. En outre, il est peut-être atteint plus tôt pour une charge positive du fil.

Supposons, d'autre part, une distance explosive donnée et élevons la température du fil de platine. D'après plus haut, nous savons que le potentiel d'effluves diminue, de même d'ailleurs que le potentiel explosif, et cela d'une façon plus prononcée pour le fil négatif. Supposons que le taux de cette diminution soit le même pour les deux potentiels; il est clair alors que si pour la distance donnée et à froid c'est l'étincelle qui se produit, il devra en être de même pour une élévation quelconque de température. Or, nos expériences montrent qu'il n'en est pas ainsi, mais qu'en élevant successivement la température, on arrive à un point où, pour le fil chargé positivement, l'effluve se produit au lieu de l'étincelle. Ceci nous indique que, pour une charge positive du fil, le potentiel d'effluves diminue plus rapidement que le potentiel disruptif, tandis que, pour une charge négative, la diminution du potentiel d'effluves paraît à peine supérieure à celle du potentiel disruptif.

Cependant l'effluve ne présente pas toujours l'allure régulière que nous venons de décrire; mais il se produit, comme la comparaison des tableaux 3 et 4 le fait ressortir, des irrégularités en apparence capricieuses. Un fait du même genre a été constaté pour le potentiel initial par Oberbeck, qui pense qu'il s'agit peut-être d'une influence variable de la surface du fil.

Quant au défaut de concordance qui existe entre les mesures d'un tableau et celles du tableau suivant, une observation analogue a été faite pour le potentiel initial par Jaumann (*).



Celui-ci note que la concordance entre deux mesures est

(*) *Wien. Sitzungsber*, 97, 1888, p. 1611 d'autant meilleure que les mesures se succèdent plus rapidement, et en conclut qu'il existe une cause perturbatrice dont l'influence augmente régulièrement avec le temps. Nos mesures du potentiel disruptif à froid sont relativement concordantes ; mais, aux températures élevées, les écarts entre les tableaux 3 et 4 deviennent plus considérables, comme si l'influence de la cause perturbatrice augmentait rapidement avec la température. Le tableau 3 se raccorde assez bien au tableau 2, comme le montre le graphique ci-joint.

DEUXIÈME PARTIE

Dans les expériences qui suivent, nous avons adopté comme électrodes la sphère en laiton qui a servi dans les mesures de la première partie de ce travail, et une seconde électrode, à grande surface, de forme variable. Nous avons trouvé, comme dans la première partie, qu'une élévation de température provoque un abaissement du potentiel explosif, et nous avons recherché l'influence, sur cet abaissement, de la polarité, de la nature des électrodes, de leur position relative et enfin d'une variation considérable de température.

1° *Influence de la polarité.* — Cette influence fut étudiée d'abord en faisant éclater l'étincelle entre la sphère de laiton et la paroi verticale d'un réservoir également en laiton, de forme cubique, ayant 7 centimètres de côté (cube du banc de Melloni). Ce réservoir était rempli d'eau qu'on maintenait en ébullition, de sorte que sa paroi était approximativement à 100°.

On a obtenu ainsi, pour une même distance explosive qu'on a jugé inutile de mesurer, les valeurs suivantes du potentiel :

Tableau 5.

PAROI POSITIVE.	PAROI NÉGATIVE.
75.8	77.5
79.1	79.2
79.3	78.3

La concordance entre ces nombres est moins bonne que dans le cas du fil de platine, à cause probablement de l'effet produit par la couche d'air chaud qui recouvre la paroi du cube et qui a ici une importance plus grande que dans les mesures de la première partie. Sous cette réserve, les résultats du tableau 5 ne montrent pas d'influence de polarité.

Pour étudier le même effet à une température plus élevée, le dispositif suivant fut adopté : l'électrode chauffée consistait en un tube cylindrique en fer ayant les dimensions du manchon en verre d'une lampe à gaz ordinaire et fut disposé, à la place de ce manchon, sur la lampe. Lorsque celle-ci était allumée, la partie moyenne du cylindre, placée en regard de la sphère de laiton, était portée au rouge sombre.

Le tableau suivant donne les potentiels observés dans six séries de mesures, à des distances différentes et pour des charges de signe différent :

Tableau 6.

CYLINDRE POSITIF.	CYLINDRE NÉGATIF.
31.8	32.1
32.2	31.7
31.8	31.8
33.2	33.0
32.9	32.7
32.9	32.5
66.7	65.8
67.2	64.7
66.3	64.2
35.8	36.0
36.0	36.2
36.1	36.3
68.5	68.3
68.0	69.0
68.1	68.6
67.7	69.3
68.8	68.8
68.0	68.1

Dans une autre série de mesures, le cylindre en fer de plus haut était remplacé par une grande capsule en platine, rendue incandescente par un brûleur Bunsen. La capsule était inclinée pour empêcher les gaz, produits de la combustion, de s'introduire entre la sphère et la capsule.

Dans le tableau suivant sont juxtaposés les résultats obtenus à une même distance et pour un même échauffement. Dans la première série, la capsule était à peine rouge; dans les autres, elle était d'un rouge clair.

Tableau 7.

CAPSULE POSITIVE.	CAPSULE NÉGATIVE.
28.2	27.9
28.4	27.7
28.8	28.1
28.6	28.0
66.4	65.4
66.2	63.0
64.5	63.3
64.6	63.6
27.8	27.3
27.8	27.9
28.2	27.4
27.9	27.5
70.0	70.1
69.3	69.6
69.8	69.3

Les nombres des tableaux 6 et 7, de même que ceux donnés par une série d'autres mesures, qu'il est inutile de détailler, présentent des écarts de la moyenne analogues à ceux du tableau 5, et qui relèvent sans doute de la même cause. Mais, pour le reste, ils n'indiquent pas de différence marquée avec le signe de la charge.

Il est donc permis de conclure que l'influence de la polarité se manifeste nettement lorsque l'électrode chauffée est sous forme de fil, tandis qu'elle n'existe pas, ou qu'elle est en tout cas très faible, avec une électrode à grande surface.

En d'autres termes, on peut dire que l'unipolarité n'est pas une conséquence nécessaire de l'élévation de température, mais qu'elle est conditionnée par l'inégalité des dimensions des électrodes.

Toutes les expériences dont il sera question dans la suite de ce travail ayant été faites avec des électrodes à large surface, il a paru inutile de noter le signe de l'électrisation.

2° *Influence de la nature de l'électrode chauffée.* — Pour établir si, aux élévations modérées de température, la nature du métal chauffé intervient, nous nous sommes servi successivement comme électrodes de deux tubes, le premier en laiton (longueur 45 centimètres, diamètre extérieur 2 centimètres, épaisseur de paroi $0^{cm}04$), le second en aluminium (longueur 39 centimètres, diamètre extérieur $2^{cm}5$, épaisseur de paroi $0^{cm}2$). Nous avons mesuré, pour des distances explosives de $0^{cm}2$, $0^{cm}3$ et $0^{cm}6$, le potentiel disruptif, une première fois à la température ordinaire (V), ensuite lorsque les tubes étaient échauffés par le passage de vapeur d'eau à 100° (V').

Voici les résultats obtenus :

Tableau 8.

Tube en laiton.

$d = 0.2$		$d = 0.3$		$d = 0.6$	
V	V'	V	V'	V	V'
26.8	24.6	37.8	34.6	67.2	65.5
26.9	24.2	37.5	34.1	68.2	64.5
27.6	24.3	37.6	34.3	68.2	64.3

Tube en aluminium.

$d = 0.2$		$d = 0.3$		$d = 0.6$	
V	V'	V	V'	V	V'
26.1	24.9	36.6	34.0	67.4	64.5
26.1	24.2	37.6	33.9	67.8	64.2
27.4	24.8	37.6	34.0	67.8	63.8

D'après ces chiffres, on peut dire que, pour des élévations de température peu considérables, la nature de l'électrode chauffée ne paraît pas exercer une influence appréciable sur l'abaissement du potentiel.

Il aurait été intéressant de rechercher si la même conclusion vaut pour les températures élevées et notamment pour la température du rouge. Mais il est très difficile, dans ce cas, de réaliser et de mesurer une égale température dans deux expériences successives.

Mentionnons cependant des résultats, qui seront donnés plus loin, d'après lesquels les abaissements obtenus au moyen d'un manchon de fer et d'une capsule de platine paraissent indépendants de la nature de l'électrode

3° *Influence de la position relative des électrodes.* — Dans les mesures qui vont suivre, l'électrode chauffée était ordinairement un tube cylindrique placé horizontalement, et les élévations de température étaient obtenues par le passage, à l'intérieur du tube, de vapeur d'eau à 100°, de vapeur de mercure, etc.

On peut se demander si la diminution de potentiel est la même pour toutes les positions de la seconde électrode, et, dans la négative, quelle est la meilleure façon de disposer celle-ci.

Le tableau suivant donne les valeurs de V pour les distances de $0^{cm}2$, de $0^{cm}3$ et de $0^{cm}6$ entre la sphère de laiton et le tube chauffé; 1 et 2 se rapportent à un tube en aluminium; 3 et 4 à un tube en laiton. Dans les séries 2 et 4, la sphère était verticalement au-dessus du tube, dans 1 elle était placée latéralement, dans 3 elle était en dessous du tube.

Tableau 9.

I.

$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$
25.3	34.3	64.3
24.5	34.0	64.5
24.2	33.7	64.2
24.3	34.0	64.3
24.7	34.0	63.3
Moyenne : 24.6	Moyenne : 34.0	Moyenne : 64.1

II.

$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$
23.6	34.0	59.3
23.8	33.7	59.3
23.0	32.6	60.0
23.9	33.4	60.8
22.3	33.2	59.5
Moyenne : 23.7	Moyenne : 33.4	Moyenne : 59.8

III.

$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$
23.9	33.1	62.8
23.8	33.2	63.3
24.2	33.3	63.3
23.7	32.7	62.7
24.0	33.2	62.7
Moyenne : 23.9	Moyenne : 33.1	Moyenne : 63.0

IV.

$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$
25.1	32.7	59.5
23.5	33.2	59.5
23.8	33.0	59.7
24.0	32.7	58.9
24.2	»	59.7
Moyenne : 24.1	Moyenne : 32.9	Moyenne : 59.5

Il ressort de ces chiffres :

1° Que les mesures sont moins régulières dans les séries 2 et 4, dans lesquelles la sphère était placée verticalement au-dessus du tube ;

2° Que, pour les distances inférieures à 6 millimètres, la diminution de potentiel est sensiblement la même dans les quatre séries, tandis que, pour $d = 0^{cm}6$, elle est nettement plus grande pour 2 et 4, c'est-à-dire lorsque la sphère est au-dessus du tube.

Ces deux observations s'expliquent fort bien, si l'on admet que l'air chaud constitue autour du tube une gaine dont l'épaisseur n'atteint pas 6 millimètres sur les côtés du tube et en dessous de celui-ci, mais dépasse cette épaisseur au-dessus du tube, en vertu de l'ascension produite par la moindre densité.

On voit que les positions de la sphère latéralement au tube ou en dessous de celui-ci sont préférables. Dans les mesures qui suivent, c'est la dernière position qui a été adoptée.

4° *Influence d'une variation notable de la température de l'électrode.* — Enfin, comme dernière circonstance, nous examinâmes l'effet d'une variation notable de température de l'électrode.

Pour faire cette étude, nous nous étions proposé d'abord de nous servir, comme dans la première partie de ce travail, d'un fil de platine parcouru par un courant, d'élever graduellement sa température et de mesurer indirectement celle-ci par une mesure de résistance. Mais, d'après les expériences rapportées dans la première partie, un même fil de platine, dans des circonstances en apparence les mêmes, présente des diminutions de potentiel assez variables.

Il nous a donc fallu renoncer à cette méthode et recourir aux électrodes à large surface. Celles-ci présentent l'inconvénient de ne pas comporter une grande précision. Faute de mieux cependant, nous donnons dans le tableau 10 quelques résultats obtenus au moyen d'un tube en laiton et d'un tube en fer.

Ces tubes étaient placés horizontalement, la sphère de laiton étant en dessous. L'élévation de température désignée par 100° était obtenue par le passage prolongé et abondant de vapeur d'eau à l'intérieur du tube. Pour les températures plus élevées, on remplissait celui-ci de mercure et on chauffait un bout avec des hauteurs de flamme variables, de manière à maintenir constantes les indications d'un thermomètre dont le réservoir, à l'intérieur du tube, plongeait dans le mercure, tout contre l'endroit de la paroi où jaillissait l'étincelle. Ce sont les indications de ce thermomètre qui sont renseignées dans la colonne t. Comme plus haut, V désigne le potentiel à la température du laboratoire, V′ le potentiel à la température t.

Tableau 10.

Tube en laiton.

$d = 0.2$			$d = 0.3$			$d = 0.6$			$d = 0.8$		
V	V′	t	V	V′	t	V	V′	t	V	V′	t
27.1	24.0	100	»	32.0	100	»	63.2	100	»	»	»
»	23.8	100	»	33.4	100	»	62.8	100	»	»	»
26.5	22.4	173	37.0	31.8	173	66.4	61.7	172	83.8	79.7	171
26.8	22.6	174	37.0	32.1	171	66.1	61.7	171	83.8	79.7	171
26.6	22.4	182	36.8	31.5	187	67.0	62.1	187	83.4	77.7	180
26.7	22.4	184	36.9	31.4	188	67.6	61.8	186	»	»	»

Tube en fer.

$d = 0.2$			$d = 0.3$			$d = 0.6$			$d = 0.8$		
V	V′	t	V	V′	t	V	V′	t	V	V′	t
26.7	19.8	243	37.1	28.7	235	68.71	57.7	220	83.0	77.4	195
»	19.8	243	37.1	28.9	240	»	57.7	230	83.0	76.8	210
»	19.8	243	»	27.6	247	»	56.6	249	»	74.6	250
»	19.9	248	»	27.6	251	»	56.6	250	»	73.7	251
»	19.4	255	»	27.4	260	»	53.6	260	»	72.9	258
»	19.5	260	»	27.4	360	»	55.0	259	»	73.5	259
»	18.8	280	»	26.8	283	»	53.2	283	»	72.9	281
»	19.0	280	»	26.8	283	»	54.2	283	»	72.9	278
»	18.8	310	»	26.1	310	»	55.4	310	»	72.9	310
»	19.1	315	»	26.7	318	»	55.8	318	»	73.7	310

Ces mesures ne sont plus aussi concordantes que les résultats donnés antérieurement, ce qui n'est guère surprenant, car aux causes d'erreur signalées plus haut, et dont l'importance augmente avec la température, il faut ajouter ici un écart possible entre l'indication du thermomètre et la température réelle de la paroi métallique. Les écarts se sont surtout produits pour les distances les plus grandes : c'est ainsi que la dernière mesure de chacune des séries $d = 0.6$ et $d = 0.8$ est peu satisfaisante.

Faute de mieux cependant, on peut prendre les moyennes de ces résultats. On obtient ainsi le tableau suivant des valeurs de V' :

Tableau 11.

Tube en laiton.

t	$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$	$d = 0.8$
100	23.9	33.3	63.0	»
180	22.4	31.7	61.8	79.0

Tube en fer.

t	$d = 0.2$	$d = 0.3$	$d = 0.6$	$d = 0.8$
250	19.7	27.9	56.2	74.8
295	18.9	26.6	54.6	73.1

Ce tableau permet de construire un graphique qui nous donne grossièrement l'allure de la courbe de variation du potentiel en fonction de la température.

Pour les températures supérieures à 300°, quelques déterminations ont été faites au moyen du manchon en fer et de la capsule de platine dont il est parlé plus haut.

Le tableau suivant donne le potentiel V à froid et le potentiel V' à la température d'incandescence. Cette température n'a pas été mesurée. Elle était la moins élevée pour le manchon de fer, où le rouge était à peine visible. Pour la capsule de platine, dans la première mesure le rouge était un peu plus intense que celui du manchon de fer ; dans la deuxième, il était un peu plus vif encore.

Tableau 12.

Manchon en fer.

$d=0.2$		$d=0.3$		$d=0.6$	
V	V′	V	V′	V	V′
26.4	14.7	36.4	31.5	63 3	41.5

Capsule en platine.

$d=0.2$		$d=0.3$		$d=0.6$	
V	V′	V	V′	V	V′
25 9	13.0	36.1	18.8	63.3	39.1
25.9	12.4	36.1	17 7	63.3	36.9

Pour comparer ces résultats à ceux du tableau précédent, on peut, par une extrapolation graphique, et en admettant que la variation du potentiel avec la température trouvée dans le tableau 2 vaut aussi pour les températures plus élevées du tableau 12, chercher à quelles températures correspondent les abaissements observés sur le manchon de fer et la capsule de platine. On trouve ainsi des températures qui sont de l'ordre de grandeur de la température du rouge.

Il résulterait de là que la courbe de variation de l'abaissement de potentiel ne présente pas de changement d'allure lors du passage par la température à laquelle l'électrode commence à émettre des ions des deux signes, de sorte que ceux-ci n'auraient guère d'influence sur le potentiel disruptif. Il est clair cependant, en vertu des observations précédentes, que cette proposition ne peut pas être affirmée d'une façon certaine.

Une autre conclusion, fondamentale celle-ci, et qui se déduit très nettement des chiffres donnés plus haut, c'est que l'abaissement du potentiel s'observe en l'absence de toute production d'ions par le métal chauffé.

En effet, Strutt (1) a constaté que l'émission d'ions positifs

---

(*) *Loc. cit.*, p. 98.

commence à la température de 270° C. environ : or il résulte des tableaux précédents que nous avons obtenu des diminutions notables de potentiel à des températures certainement inférieures à 270°.

Conclusions.

On peut résumer comme suit les résultats obtenus au cours de ce travail :

1. Le potentiel disruptif est abaissé par l'élévation de température de l'une des électrodes ;

2. Il n'est pas nécessaire que cet échauffement aille jusqu'à l'incandescence ; des abaissements notables se produisent à des températures voisines de 100° centigrades;

3. Si l'électrode chauffée est en forme de fil mince, la diminution de potentiel est plus considérable pour une charge négative du fil. Avec les électrodes à large surface, cette unipolarité n'a pas été observée. De même une influence du signe de la charge n'a pas été observée avec le fil de platine à la température ordinaire ;

4. La diminution de potentiel s'accentue à mesure que la température de l'électrode s'élève. Le coefficient de variation avec la température ne paraît pas éprouver de changement notable au passage par la température d'incandescence, mais les mesures ne sont pas très précises sur ce point ;

5. Pour l'explication du phénomène, il semble qu'il faut tenir compte de plusieurs facteurs : échauffement dans la couche d'air qui est au contact immédiat de l'électrode chauffée et abaissement équivalent de la pression, d'après la théorie de J. Stark.

Quant au rôle que jouerait une émission d'ions par le métal chauffé, des mesures aux températures inférieures à l'incandescence prouvent que le potentiel s'abaisse déjà en dehors de toute émission d'ions ; les mesures aux températures supérieures semblent indiquer que même à ces températures-là l'influence d'une émission d'ions n'est pas considérable.

ASTRONOMIE. — **Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 au poste du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur,**

par le P. WILLAERT, S. J.

Appareil. — Un héliostat dirige les rayons solaires suivant l'axe d'une lunette fixe de 90 centimètres de distance focale. L'image formée par l'objectif est reçue, sans autre intermédiaire, sur le film enregistreur. Elle a 8 millimètres de diamètre.

L'appareil cinématographique a été gracieusement mis à notre disposition par la Société Pathé.

En passant un écran devant l'objectif à des instants déterminés, on produit sur le film des ratés qui, retrouvés après développement, servent de repères.

On a pris :

Une image par seconde au voisinage des contacts extrêmes ;

Une image toutes les deux secondes pendant les phases intermédiaires ;

Quatorze images par seconde pendant la phase centrale.

Résultats. — Les images, entourées d'un halo assez variable, présentent un bord très net. Ce halo ne semble pas être un pur effet d'optique : il montre des déformations constantes, et le disque lunaire est faiblement visible avant le premier et après le dernier contact.

La *phase centrale* est annulaire. L'anneau est découpé irrégulièrement par le profil lunaire en trente-sept tronçons.

L'arc boréal est plus marqué que l'arc austral, indiquant que la ligne de centralité passe au sud du poste d'observation.

L'arc austral est plus marqué que les arcs latéraux, indiquant une légère ellipticité du disque lunaire.

Le film révèle toute la genèse des *grains de Baily*. Toutes les particularités de leur formation montrent qu'ils sont dus à la dentelure du profil lunaire. Les hypothèses purement optiques de Baily et d'Arago ne peuvent être soutenues. L'étude du film permet de déduire de la formation des grains le tracé du profil lunaire.

Le film fournit avec une précision d'au moins un dixième de seconde de temps, répondant à un déplacement de la lune de 0''05 seconde d'arc, l'*intervalle* de temps qui sépare soit deux phases d'un même croissant, soit deux phases symétriques.

Des méthodes de mesure que nous ferons connaître ultérieurement nous permettront de trouver une valeur des éléments suivants, dont nous donnons une première estimation provisoire :

Distance des centres au moment de la conjonction : 0''3 ;

Distance de la ligne de centralité : 550 mètres ;

Relief lunaire : sommets de 5,000 mètres ;

Incertitude du moment d'une occultation, d'après que l'étoile disparaît derrière un sommet ou au fond d'une vallée lunaire : 4 secondes ;

Différence des demi-diamètres équatoriaux de la lune et du soleil au moment de la conjonction : 1''01 ;

Différence du grand et du petit axe du disque lunaire : 0''64.

Il importera d'ailleurs de préciser ce qu'on entend par demi-diamètre apparent de la lune.

Malgré les imperfections d'une installation presque improvisée, cette première application de l'enregistrement d'une éclipse solaire sur film *repéré* met en évidence les ressources que l'astronomie pourrait tirer d'une mise en exécution soignée, surtout si, s'inspirant de la méthode employée tout récemment par l'Observatoire royal, on installait deux postes cinématographiques synchronisés de part et d'autre de la ligne de centralité.

* * *

Assemblée générale des trois Classes du 7 mai 1912.

M. Charles Francotte, président de l'Académie, directeur de la Classe des sciences;

M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

Sont présents :

Classe des sciences. — MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alfred Gilkinet, Michel Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, P. Pelseneer, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, Fr. Swarts, Jean Massart, A. Demoulin, A. Rutot, *membres;* Paul Stroobant, J. Verschaffelt, Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

Classe des lettres et des sciences morales et politiques. — MM. M^{ce} Wilmotte, *directeur;* le baron de Borchgrave, S. Bormans, le comte Goblet d'Alviella, P. Fredericq, H. Denis, le baron Descamps, P. Thomas, Ernest Discailles, Victor Brants, Jules Leclercq, Henri Pirenne, Ernest Gossart, J. Lameere, A. Rolin, M^{ce} Vauthier, Franz Cumont, J. Vercoullie, G. De Greef, J.-P. Waltzing, *membres;* Louis de la Vallée Poussin, *correspondant.*

Classe des beaux-arts. — MM. Lucien Solvay, *directeur;* Ernest Acker, *vice-directeur;* G. De Groot, Max. Rooses,

J. Winders, Em. Janlet, Ém. Mathieu, Edg. Tinel, L. Lenain, Léon Frédéric, A.-J. Wauters, Jules Brunfaut, Paul Gilson, *membres*.

M. le Secrétaire perpétuel annonce que les admirateurs de M. Pirenne, voulant, par une manifestation, reconnaître les grands services rendus aux sciences historiques par l'éminent professeur de l'Université de Gand, lui offriront, le dimanche 12 mai, en la salle de marbre du Palais des Académies, le produit d'une souscription publique afin de créer en son nom une bourse permanente de missions historiques à l'étranger, missions qui seraient confiées à de jeunes savants belges.

Les trois Classes de l'Académie, par l'organe de leur Secrétaire perpétuel, s'associent d'esprit et de cœur à ce témoignage de confraternité, non seulement en raison des sympathies que M. Pirenne s'est attirées, mais aussi pour le brillant éclat que ses travaux ont jeté sur l'Académie. *(Applaudissements prolongés.)*

M. Pirenne, présent au bureau, remercie ses confrères de leurs applaudissements et ajoute qu'il est profondément touché de cette marque de confraternité académique.

L'assemblée remercie ensuite M. Pirenne d'avoir bien voulu donner lecture, en remplacement de M. le Secrétaire vander Haeghen, empêché, du rapport annuel suivant de la Commission de la *Biographie nationale* pour l'année 1911-1912. Les remerciements de l'assemblée seront aussi adressés à M. vander Haeghen pour le zèle et le dévouement qu'il met encore toujours à remplir la mission de confiance qu'il tient depuis près de vingt-cinq ans (7 mai 1888).

Rapport sur les travaux de la Commission de la « Biographie nationale » pendant l'année 1911-1912

par M. Ferd. vander Haeghen, secrétaire-trésorier.

Messieurs,

C'est avec un sentiment de réelle tristesse que je commence ce rapport réglementaire sur les travaux de la Commission de la *Biographie nationale* pendant l'année 1911-1912. Le nécrologe par lequel il débute est, en effet, particulièrement cruel : en fauchant dans nos rangs, la mort a atteint les chefs mêmes de notre entreprise : notre président, M. Hymans, décédé à Bruxelles, le 23 janvier 1912, et notre vice-président, M. Van der Mensbrugghe, décédé à Gand, le 20 octobre 1911.

Né à Anvers, le 8 avril 1836, M. Henri Hymans s'était de bonne heure affirmé historien d'art de haute valeur. Élu correspondant de l'Académie royale le 1er mars 1883 et membre titulaire le 8 janvier 1885, il entra dans la Commission, comme délégué de la Classe des beaux-arts, le 5 février suivant. Il en fut élu vice-président le 4 juin 1898 et président le 25 novembre 1905.

M. Hymans dirigeait nos séances avec toute l'autorité de son savoir, avec une expérience mûrie dans de nombreuses commissions scientifiques comme à la Bibliothèque royale, et il y déployait cette aménité cordiale, ce tact exceptionnel qui le faisaient non seulement respecter, mais encore aimer de tous ceux qui l'approchaient. Il avait bien voulu assumer aussi, depuis de nombreuses années, la tâche importante, mais souvent fastidieuse, de membre du Comité de revision; plus d'une notice a été complétée ou améliorée grâce aux indications de son inépuisable érudition. Enfin, M. Hymans était un collaborateur des plus précieux pour tout ce qui touchait à l'histoire de l'art. Ses articles sur les personnalités artistiques comptent parmi les meilleurs du dictionnaire national. Si ses biographies de célébrités de l'école belge, tels Jordaens, Van Mander, les Pourbus parmi les anciens, Madou et Navez parmi les modernes, sont des modèles d'exactitude et de sobriété, ses notices consacrées à des personnages secondaires n'offrent pas moins d'intérêt : elles étaient, de sa part, l'objet de soins attentifs, de recherches consciencieuses, et il n'en est guère qui ne révèlent des détails inédits. Vous pouvez juger de l'importance de la collaboration de M. Hymans par le nombre de ses notices; celui-ci s'élève à plus de deux cent cinquante. La mort de M. Hymans est pour la *Biographie* un coup des plus pénibles, et elle crée un vide qu'il sera difficile de combler.

Nous regrettons profondément aussi notre aimable vice-président, M. Gustave Van der Mensbrugghe. Ce savant physicien, né à Gand, le 13 février 1835, était entré à l'Académie, comme correspondant, le 15 décembre 1875; il en était devenu membre titulaire le 14 décembre 1883. Élu membre de la Commission, comme délégué de la Classe des sciences, le 5 avril 1890, il avait été nommé membre du Comité de revision le 2 mai 1903, et vice-président même de la Commission le 25 novembre 1905. C'était un consciencieux reviseur, et son esprit critique lui permettait de formuler de judicieuses observations sur les notices, tant à la lecture du manuscrit que pendant la correction des épreuves. M. Vander Mensbrugghe collaborait également à notre recueil auquel il fournit quelques biographies d'hommes de science, notamment Ernest Quetelet et François Van Rysselberghe.

Pour occuper les deux places vacantes dans la Commission de la *Biographie*, la Classe des sciences choisit, en sa séance du 2 décembre 1911, M. Léon Fredericq, et la Classe des beaux-arts, en sa séance du 7 mars 1912, M. Georges Hulin. Dès qu'elle fut au complet, la Commission reconstitua son bureau et procéda aux élections nécessaires. Dans sa séance du 16 mars 1912, elle appela à la présidence M. Henri Pirenne et à la vice-présidence notre excellent secrétaire perpétuel, M. le chevalier Marchal; MM. Léon Fredericq et Georges Hulin furent désignés pour exercer les fonctions de reviseurs avec M. Pirenne; ils remplacèrent également MM. Hymans et Van der Mensbrugghe dans le sous-comité. Les rouages de notre organisme sont ainsi renouvelés; j'ai la ferme conviction qu'ils fonctionneront à votre entière satisfaction et qu'ils assureront la bonne continuation de l'ouvrage auquel ils sont consacrés.

Nous avons eu le regret de perdre plusieurs collaborateurs de talent : MM. le major Eugène Cruyplants, écrivain militaire; le R. P. Alfred Poncelet, bollandiste; Paul Maes, bibliothécaire de la Chambre des représentants. On nous permettra de consigner ici l'expression des regrets sincères que nous cause leur mort.

A la dernière réunion des trois Classes, notre confrère M. Discailles avait déposé une motion à la suite de laquelle l'Académie vota un ordre du jour proposant « d'établir d'avance un classement par catégories de personnages, dont il s'agit d'écrire la vie, selon leur importance historique ». La question fut discutée en séance du sous-comité du 31 mai 1911, convoqué spécialement à cet effet. On fit remarquer qu'il n'était pas possible, dans la pratique, de limiter à l'avance l'étendue des notices, l'importance réelle d'un personnage n'étant souvent établie que lorsque le biographe a terminé son travail. L'importance *historique* n'est pas toujours d'accord avec l'importance *biographique*. Il ne serait possible de procéder dans le sens désiré par M. Discailles que si l'on entreprenait une refonte générale de la publication, en vue d'une deuxième édition. Dans sa séance plénière du 16 mars 1912, la Commission a approuvé la manière de voir des membres du sous-comité et a décidé qu'il n'y avait pas lieu de modifier la procédure suivie jusqu'ici dans la distribution des tâches des rédacteurs, et d'établir un quantum limitatif pour l'étendue des notices. Celle-ci doit être laissée à l'appréciation de la Commission, et, plus spécialement, de son Comité de revision.

Au mois de novembre 1911 a paru le premier fascicule du tome XXI, contenant le commencement de la lettre S. Il comprend cent soixante-six notices, consacrées à des notabilités nationales d'importance diverse, dont je rappellerai rapidement les principales : les graveurs De Sadeler, le ministre Charles Sainctelette, le mathématicien Grégoire de Saint-Vincent, le comte de Salm-Reifferscheid et le prince de Salm-Salm, tous deux évêques de Tournai, Alexandre Sandelin, curieuse figure de la Révolution brabançonne, l'historien Antoine Sanderus, les peintres Savery.

Le second fascicule est sous presse et pourra probablement être distribué à la fin de l'année; il contiendra la suite de la lettre S, série importante à laquelle tout le tome XXII devra encore être consacré, ainsi qu'une partie peut-être du tome XXIII.

Le secrétariat n'en a pas moins commencé, dès à présent, l'établissement de la liste provisoire des lettres T et U. Le secrétaire adjoint, M. Paul Bergmans, se dévoue à ce travail long et laborieux avec son zèle habituel, en s'aidant des notes bibliographiques que j'ai rassemblées depuis plus de soixante ans.

Liste des travaux publiés par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, de mai 1911 à mai 1912, dressée par le Secrétaire perpétuel.

BULLETINS.

Classe des sciences : 1911, n^os^ 5 à 12; 1912, n^os^ 1 à 4.

Classe des lettres et des sciences morales et politiques et Classe des beaux-arts : 1911, n^os^ 5 à 12; 1912, n^os^ 1 à 4.

Depuis janvier 1899, les *Bulletins* sont publiés par numéros mensuels formant deux volumes par année, dont l'un renferme les travaux de la *Classe des sciences* et l'autre les travaux de la *Classe des lettres et des sciences morales et politiques* et de la *Classe des beaux-arts*. Chacun de ces volumes, avec planches et figures, se termine par une Table onomastique et une Table analytique.

ANNUAIRE.

L'*Annuaire* de 1912 contient 239 pages in-18, comprenant, outre les renseignements ordinaires et une liste des prix perpétuels de l'Académie et du Gouvernement, les notices biographiques d'Alfred Giron, par Maurice Vauthier (23 pages, avec portrait); Polydore de Paepe, par Jules Lameere (103 pages, avec portrait), et Julien Dillens, par le chevalier Edmond Marchal (29 pages, avec portrait).

MÉMOIRES

Dans sa séance générale du 10 mai 1904, l'Académie a pris la résolution (approuvée par arrêté royal du 3 juin 1904) de publier une deuxième série de ses mémoires en deux parties distinctes, savoir :

A. — *Mémoires de la Classe des sciences* (collections in-4° et in-8°).

B. — *Mémoires de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques et de la Classe des beaux-arts* (collections in-4° et in-8°).

Il a été publié cette année :

Classe des sciences.

Collection in-4° :

TOME III. 5e fascicule. — Sur la théorie générale des congruences (86 pages); par **É.-J. Wilczynski.**

6e fascicule. — Recherches sur l'embryologie des Gastropodes (167 pages, 1 figure et 22 planches); par **Paul Pelseneer.**

7e fascicule. — Les relations du Pouhon, duc de Wellington, avec les agents atmosphériques (63 pages et 6 graphiques); par le Dr **A. Poskin**.

8e fascicule. — Observations sur l'histolyse et l'histogenèse dans la métamorphose des Vespides (*Polistes Gallica* L.) (103 pages et 10 planches); par **Charles Pérez.**

Collection in-8° :

TOME III 1er fascicule. — Sur la conversion des formes algébriques binaires en formes à plus de deux variables (52 pages); par **J. Fairon.**

2e fascicule. — Contribution à l'étude des minéraux du Vésuve et du Monte-Somma (122 pages, 49 figures et 1 planche); par **G. Cesàro**.

3e fascicule. — La densité et l'indice de réfraction des solutions. Nouvelles contributions à l'étude des solutions (181 pages et 4 planches); par **F. Schwers.**

4e fascicule. — Du rôle des sels manganeux dans l'assimilation de l'azote nitrique et l'élaboration de la matière albuminoïde par les plantes vertes (65 pages, 2 figures et 2 planches); par **Octave Dony-Hénault.**

Classe des lettres et des sciences morales et politiques et Classe des beaux-arts.

Collection in-4° :

TOME IV. 3e fascicule. — Magellan. La question des Moluques et la première circumnavigation du globe (433 pages et 6 planches); par **Jean Denucé.**

Collection in-8° :

TOME VIII. 1er fascicule. — L'Ardenne. La population agricole au XIXe siècle. Contribution à l'étude de l'histoire économique et sociale (428 pages, 1 planche et 2 cartes); par **Émile Vliebergh** et **Robert Ulens.**

Tome IX. 1er fascicule. — Les luttes sociales et le contrat d'apprentissage à Tournai jusqu'en 1424 (141 pages et 1 planche); par **Léo Verriest.**

TRAVAUX SOUS PRESSE.

Recueil des termes techniques relatifs aux Institutions politiques et administratives de l'Égypte romaine; par **Nicolas Hohlwein** (Mémoire couronné).

Organisation économique du domaine de l'abbaye de Saint-Trond; par **Guillaume Simenon** (Prix de Stassart).

Contribution pour servir à l'histoire de *Lycogala flavo-fuscum* (Ehr.) Prost., myxomycète nouveau pour la flore belge; par **Ch. Van Bambeke.**

Le sentiment de la nature chez les romantiques français (1767-1830); par **Gustave Charlier** (Mémoire couronné).

TRAVAUX A IMPRIMER.

Contribution à la théorie des droites du troisième ordre; par **Umberto Perazzo** (Mémoire couronné).

Histoire du paganisme dans l'Empire d'Orient depuis le règne de Théodose le Grand jusqu'à l'invasion arabe; par **A. Kugener** (Prix Gantrelle).

Sur l'ordre de la meilleure approximation des fonctions continues par des polynômes de degré donné; par **Serge Bernstein** (Mémoire couronné).

Molière en Angleterre (1660-1670); par **J.-E. Gillet.**

Bio-bibliographie de Gemma-Frisius, fondateur de l'école flamande de géographie, de son fils Corneille et de ses neveux les Arsénius; par **Fernand Van Ortroy.**

Études sur les Chironomides de Belgique; par le Dr **M. Goetghebuer.**

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Julin (*Charles*). Recherches sur la phylogenèse des Tuniciers. *Archiascidia neapolitana* nov. gen., nov. sp. Naples, 1904; extr. in-8° (pp. 489-552, 1 pl.).

— Recherches sur la phylogenèse des Tuniciers. Développement de l'appareil branchial. Leipzig, 1904; extr. in-8° (pp. 544-611, 42 fig.).

— Les embryons de *Pyrosoma* sont phosphorescents : les cellules du testa (calymnocytes de Salensky) constituent les organes lumineux du cyathozoïde. Paris, 1909; extr. in-8° (3 p.).

— Recherches sur le développement embryonnaire du *Pyrosoma giganteum* Les. I. Aperçu général de l'embryogenèse. Les cellules du testa et le développement des organes lumineux. Iéna, 1912; extr. in-8° (pp. 775-863, 5 pl.).

Lohest (*Max*) et *Fraipont* (*Charles*). Communications préliminaires sur le limon hesbayen. Liége, 1912; extr. in-8° (59 p.).

Fraipont (*Ch.*). Sur les Ostracophores belges. (Réponse à M. Leriche.) Bruxelles, 1912; extr. in-8° (4 p.).

Schaffers (*V.*), S. J. L'exploration de l'atmosphère. Stations météorologiques, ballons, cerfs-volants. Louvain, 1899; in-8° (92 p.).

— Sur la théorie du cerf-volant. Louvain, 1899; in-8° (24 p.).

— Les plaques sensibles au champ électrostatique. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (39 p., 1 pl.).

— Les fantômes électrostatiques sur les plaques sensibles. Bruxelles, 1900; extr. in-8° (19 p., 4 pl.).

— L'origine de l'électricité atmosphérique. Louvain, 1900; extr. in-8° (32 p.).

— Sur les machines d'électricité statique. Louvain, 1902; extr. in-8° (6 p.).

— Les électrons. Louvain, 1903; extr. in-8° (59 p.).

— Nouvel appareil de démonstration pour les lois des gaz et des vapeurs. Louvain, 1903; extr. in-8° (5 p.).

— Sur les machines Wimshurst et Bonetti. Louvain, 1903; in-8° (4 p.).

— Nouvelle théorie des machines électriques à influence. Bruxelles, 1904; in-8° (89 p.).

Schaffers (*V.*), S. J. Appareil pour l'étude de la précipitation de la vapeur d'eau par détente. Louvain, 1904; extr. in-8° (4 p.).

— L'enquête sur les rayons N. Louvain, 1905; extr. in-8° (10 p.).

— Les décharges électriques dans les gaz. Louvain, 1905; extr. in-8° (48 p.).

— Sur la méthode des corps d'épreuve en électrostatique. Louvain, 1905; extr. in-8° (4 p.).

— La radioactivité. Louvain, 1905; extr. in-8° (52 p.).

— Pression électrostatique. Pouvoir des pointes et vent électrique. Louvain, 1905; extr. in-8° (30 p.).

— Arc-en-ciel observé sur la surface d'une eau stagnante. Louvain, 1906; extr. in-8° (3 p.).

— Sur les paratonnerres. Louvain, 1906; extr. in-8° (11 p.).

— Sur le regel. Louvain, 1907; extr. in-8° (5 p.).

— La loi de distribution des métaux dans la série électromotrice. Louvain, 1907; extr. in-8° (6 p.).

— La loi de Coulomb. Bruxelles, 1907; extr. in-8° (49 p.).

— Moteurs électrostatiques. Louvain, 1908; extr. in-8° (3 p.).

— Analogies entre les machines électrostatiques et les machines électromagnétiques. Louvain, 1908; extr. in-8° (4 p.).

— La machine à influence, son évolution, sa théorie. Paris, 1908; in-8° (499 p., fig.).

— Sur une forme d'éclair remarquable. Louvain, 1909; extr. in-8° (2 p.).

— Sur les auréoles autour des conducteurs à haute pression. Louvain, 1910; extr. in-8° (4 p.).

— Deuxième note sur les paratonnerres. Louvain, 1910; extr. in-8° (5 p.).

— Sur un appareil pour l'enseignement de la mécanique. Louvain, 1911; extr. in-8° (2 p.).

Liber memorialis publié par le Comité organisateur. Manifestation en l'honneur de M. J. Neuberg, professeur émérite de la Faculté des sciences de l'Université de Liége : 27 décembre 1911. Liége, 1912; in-8° (61 p., portr.).

Lockyer (*Sir Norman*). On the iron flame spectrum and those of sunspots and lower-type star. Londres, 1911; extr. in-8° (3 p.).

— The spectrum of comet Brooks. Londres, 1911; extr. in-8° (5 p., 1 fig.).

Buchanan (*J.-J.*). In and around the Morteratsch glacier; a study in the natural history of ice. Londres, 1912; extr. in-8° (20 p., 6 pl.).

Smith (*Sigurd*). Soren Hjorth, inventor of the dynamo electric principle. Copenhague, 1912; pet. in-8° (II-29 p., portr.).

Gouvernement de Formose. Icones plantarum Formosanarum nec non et contributiones ad Floram Formosanam (B. Hayata). Fasciculus I. 1911, in-4°.

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 7 mai 1912.*

Correspondance.

Décès de Lawrence Rotch. — Hommages d'ouvrages. — Travaux à l'examen 319

Élection

M. Mourlon réélu délégué auprès de la Commission administrative. . . . 320

Comité secret.

Discussion des titres des candidats aux places vacantes 320

Rapports.

Rapports de MM. de Hemptinne et De Heen (Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée; par R. De Muynck) . . . 321

Rapport de M. le Paige (Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. Willaert, S. J.). 322

Communications et lectures.

ASTRONOMIE. — *Note préliminaire sur les observations effectuées par le Service astronomique de l'Observatoire royal d'Uccle pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912* (1 tableau, 1 planche); par G. Lecointe . 323

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée* (1 diagr.); par R. De Muynck 336

ASTRONOMIE. — *Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912;* par le P. Willaert, S. J. 360

SÉANCE GÉNÉRALE DES TROIS CLASSES.

7 mai 1912.

Rapport sur les travaux de la Commission de la *Biographie nationale* pendant l'année 1911-1912; par Ferd. vander Haeghen, secrétaire-trésorier . . 365

Liste des travaux publiés par l'Académie, de mai 1911 à mai 1912 . . . 369

Bulletin bibliographique 372

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 6

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 13 1937
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 1^er juin 1912.

M. **Ch. Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* A. Rutot, C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, M^el Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, V. Masius, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, M. Delacre, A. Gravis, A. Lameere, G. Cesàro, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, *membres;* V. Willem, P. Stroobant, J. Verschaffelt, Louis Dollo, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

En ouvrant la séance, M. le Directeur adresse les félicitations de la Classe à MM. le Paige, promu commandeur de l'Ordre de Léopold, J. Neuberg, commandeur de l'Ordre de la Couronne, et Jean Massart, lauréat du concours De Keyn.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification, avec un vif sentiment de regret, de la mort de Édouard Strasburger, professeur à l'Université de Bonn, associé de la Section des sciences naturelles depuis le 13 décembre 1895. — Les condoléances de l'Académie seront exprimées à M^me^ Strasburger.

— M. Charles Marie, secrétaire général du Comité international de publication des tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, physique et technologie, remercie la Classe de son intervention auprès du Gouvernement, en faveur de cette publication.

Il accuse en même temps réception des quinze cents francs alloués par le Gouvernement, pour la part de la Belgique dans cette publication internationale.

— L'Université de Lemberg avait invité l'Académie à s'associer à la célébration, le 29 mai, du deux cent cinquantième anniversaire de sa fondation par Jean Casimir. — Une adresse de félicitations lui a été envoyée par M. le Secrétaire perpétuel.

— Un travail manuscrit de M. A. Boutaric, chargé de cours à la Faculté des sciences de Montpellier, *Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu*, est renvoyé à l'examen de MM. de Hemptinne et Verschaffelt.

— Hommages d'ouvrages :

Leçons sur la parole de Dieu, précédées d'une lettre à S. M. Albert, Roi des Belges. Leçons I-XII; par Charles Lagrange ;

By Transfer
Coast & Geod. Survey
July 16, 1929

Le volcan de la Réunion. — Les volcans du centre de Madagascar, etc.; par Alfred Lacroix, associé;

Théorie du point. Géométrie rectiligne et curviligne; par le lieutenant colonel Monteil.

— Remerciements.

ÉLECTIONS.

La Classe se constitue en comité secret pour procéder aux élections aux places vacantes :

Ont été élus :

Pour la Section des sciences mathématiques et physiques :

Membre titulaire, sauf approbation royale : M. Alexandre de Hemptinne, correspondant.

Correspondant : M. L. Crismer, professeur à l'École militaire, à Bruxelles.

Pour la Section des sciences naturelles :

Membre titulaire, sauf approbation royale : M. Victor Willem, correspondant;

Correspondant : M. J. Cornet, professeur à l'École des mines et faculté polytechnique du Hainaut, à Mons.

Associé : M. George-Albert Boulenger, conservateur au British Museum, à Londres.

RAPPORTS.

Sur avis de MM. Dumoulin et Neuberg, une note de M. Lucien Godeaux *Sur les systèmes linéaires quintuplement infinis de quadriques,* sera renvoyée à l'auteur.

Les sondages aériens du Service météorologique; par J. Vincent.

Rapport de M. G. Lecointe, premier commissaire.

« A l'occasion du centième lancer de ballons-sondes effectué par le Service météorologique de l'Observatoire royal de Belgique (du 5 avril 1906 au 5 janvier 1912), M. J. Vincent juge opportun de faire connaître certaines données déduites de ces lancers.

A cet effet, il fournit d'abord quelques renseignements bibliographiques sur le sujet, puis il décrit sommairement la manière dont les sondages aériens s'opèrent à Uccle. Pour analyser les résultats obtenus, l'auteur indique successivement : *a*) les altitudes maxima atteintes; *b*) les niveaux auxquels on a constaté qu'une inversion se produit dans le sens de la variation de la température; *c*) la plus basse température observée et le niveau auquel on l'a enregistrée ; *d*) quelques considérations sur l'état thermique des trois régions de l'atmosphère (stratosphère, troposphère, troposphère inférieure) accessibles aux ballons-sondes.

M. Vincent expose ensuite le schéma de la méthode employée pour l'obtention du tracé horizontal de la marche des ballons et termine sa note en montrant que, à certaines exceptions près, l'opposition des températures de la troposphère et de la stratosphère exerce aussi une influence sur la direction et la vitesse des courants.

Je propose l'insertion au *Bulletin* de la note (avec figures) de M. J. Vincent. »

Rapport de M. P. Stroobant, deuxième commissaire.

« Dans la note qu'il a adressée à la Classe, M. Vincent indique quelques conclusions que l'on peut tirer des cent premières ascensions de ballons-sondes organisées par le Service météorologique de l'Observatoire royal de Belgique.

En dehors de la grande inversion de température qui se produit vers 12 kilomètres de hauteur, l'auteur signale l'existence d'autres inversions assez sensibles et qui se présentent dans des régions beaucoup moins élevées de l'atmosphère; elles commencent à des altitudes comprises entre 240 et 1,500 mètres. Il serait intéressant d'étudier quelle pourrait être l'influence de ces inversions sur la réfraction atmosphérique et sur les observations astronomiques de distances zénithales.

Je me joins au premier commissaire pour proposer l'insertion au *Bulletin* de la note de M. Vincent. »

M. C. le Paige, troisième commissaire, se rallie aux conclusions de ses honorables confrères.

— Adopté.

Enregistrement cinématographique de l'éclipse du 17 avril 1912; par le P. Fr. Willaert.

Rapport de M. C. le Paige.

« J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion au *Bulletin* de la séance d'une note du P. Willaert sur l'éclipse du 17 avril 1912.

Cette note contient l'exposé des méthodes dont le résultat a été communiqué à la Classe dans la séance précédente. »

Observations de l'éclipse de Soleil du 17 avril 1912; par M. Dehalu, chargé de cours à l'Université de Liége.

Rapport de M. C. le Paige.

« Je demanderai également à la Classe l'insertion dans le *Bulletin* de la séance d'une courte note de M. Dehalu.

Dans cette note, M. Dehalu discute les résultats déduits des photographies exécutées à l'Institut astronomique de Liége pendant l'éclipse du 17 avril 1912.

Ces résultats me paraissent dignes d'intérêt. »

— Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

La Classe vote l'impression dans les *Mémoires* in-4° d'une *Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons et la théorie substantialiste;* par M. De Heen.

MINÉRALOGIE. — **Formes nouvelles dans la phosgénite de San Giovanni (Sardaigne),**

par G. CESÀRO, membre de l'Académie.

Dans la galène de San Giovanni, à côté de gros cristaux de phosgénite ayant la forme habituelle (*), j'ai rencontré quelques aiguilles développées suivant l'axe quaternaire présentant un type spécial. L'aiguille mesurée a 9 millimètres de hauteur sur 2 à 3 millimètres dans sa section horizontale. Elle présente un quadroctaèdre non renseigné par Dana et un dioctaèdre à notation complexe.

* * *

Dans cette note, j'adopte le paramètre de Koksharov (*Dana*, p. 292), contrairement à ce que j'ai fait, par exemple, dans ma note reproduite dans les *Bulletins* de l'Académie des sciences (1907; p. 328) : j'ai pris jusqu'à présent comme primitif le prisme quadratique qui est habituellement largement developpé, en le plaçant, comme Haüy, avec une face verticale devant le spectateur; les notations sont plus simples en prenant comme primitif mon ancien prisme inverse, qui, d'habitude, est peu développé. Si une face est notée hkl dans mon ancienne orientation, sa notation dans l'orientation de Koksharov est

$$h + k \,.\, h - k \,.\, 2l$$

en prenant, bien entendu, pour axes les *arêtes* du nouveau

(*) Ces cristaux possèdent le clivage p remarquablement facile.

prisme primitif. Le quadroctaèdre dont je signalais l'existence dans la susdite note est donc

$$101 = b^1,$$

qui, comme je l'ai déjà dit, n'est pas cité par Dana parmi les formes de la phosgénite, quoique pris pour point de départ par Koksharov.

A ce propos, j'observe qu'il existe une légère contradiction entre le paramètre c calculé par Koksharov et l'incidence

$$001 \,.\, 101 = 47^\circ 24' 6'' \qquad (1)$$

inscrite dans Dana ; car, si l'on part de cette incidence, on obtient

$$c = 1{,}0875\underline{6}$$

et non

$$c = 1{,}08758;$$

et, si l'on adopte la dernière valeur du paramètre, on obtient

$$001 \,.\, 101 = 47^\circ 24' 8'',3.$$

Dans ce qui suit, je pars de l'incidence (1) et adopte

$$\log c = 0{,}03645138$$

$$\frac{1}{c^2} = 0{,}8454681.$$

* * *

Quadroctaèdre $221 = a^{1/2}$. Outre les formes habituelles : m, h^2, $b^{1/2}$, a^1, p et a_2, le cristal porte les faces, bien développées partout, d'un quadroctaèdre inverse situé entre 111 et 110 [(voir fig. 1 (*)]; ces faces sont un peu bombées, cylindriques à

(*) Projection horizontale sur 100, dessinée avec les paramètres $a = 23$, $c = 25$.

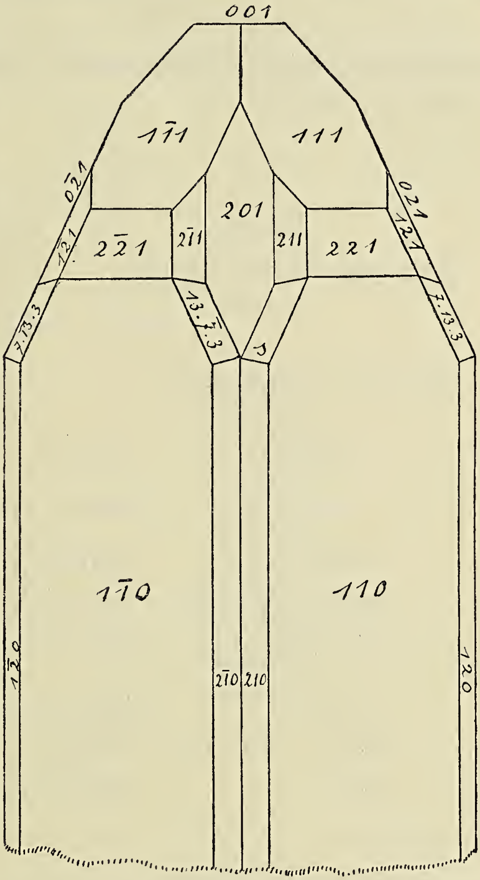
arête horizontale ; ce quadroctaèdre répond à la notation 221 :

ANGLES.	CALCULÉS.	MESURÉS
221.110	18°0′ 31″,8	18°0′
221.201	42°15′27″,3	42°18′

Dioctaèdre 13.7.3. — Entre les faces $b^{1/2}$ et h^1, et en zone avec elles, on remarque de petites facettes telles que *s*, qui, à première vue, semblent aussi appartenir à la zone 211.210 ; dans ce cas, leur notation serait 421, mais, au goniomètre, on voit que *s* diverge nettement de la seconde zone ; ces faces donnent des images un peu allongées perpendiculairement à l'axe de zone 201.110 ; suivant que l'on prend pour point de repère la partie la plus basse ou la plus haute de cette image, on obtient

$$s.201 = 30°21' \text{ ou } 31°58',$$

la première mesure étant la plus nette. Si l'on considère les quatre faces en zone


001
$1\bar{1}1$
111
$0\bar{2}1$
201
021
$2\bar{2}1$
$2\bar{1}1$
211
221
$1\bar{2}1$
121
$7.\bar{13}.3$
$13.\bar{7}.3$
s
7.13.3
$1\bar{1}0$
110
$1\bar{2}0$
$2\bar{1}0$
210
120

$$\bar{1}11 \,.\, 201 \,.\, s = hkl \,.\, 110,$$

et que l'on désigne par α l'angle

$$\bar{1}11 \,.\, 201 = 39°58',5,$$

on a

$$\frac{h}{k} = \frac{\sin(2\alpha + \alpha')}{\sin \alpha'},$$

formule dans laquelle α' représente l'angle $201.hkl$.

Pour $\alpha' = 30°21'$, il vient

$$\frac{h}{k} = 1{,}85617 \quad (*);$$

suivant que l'on adopte la seconde, la troisième ou la quatrième réduite, on obtient

421
22.12.5
13. 7.3.

On a aussi mesuré l'angle

$$s\,(211) = 12°13'.$$

Voici la correspondance :

ANGLES.		CALCULÉS.	MESURÉS.
201.111		39°58′32″,2	39°59′
421	avec 201	28°20′30″,7	30°21′
22.12.5		30°41′33″,2	
13. 7.3		30°20′ 7″,3	
421	avec 211	10°44′ 4″,4	12°13′
22.12.5		12° 6′59″,1	
13. 7.3		11°53′13″,6	

(*) Pour $\alpha' = 31°58'$, on obtient

$$\frac{h}{k} = 1{,}75233$$

et

$$hkl = 14.8.3.$$

⁂

Voici le tableau des formes de la phosgénite avec les logarithmes de leurs modules

$$M = \sqrt{h^2 + k^2 + \frac{l^2}{c^2}},$$

à l'aide desquels on calcule très rapidement l'angle de deux faces quelconques :

NOTATIONS.		log M.
p	001	$\bar{1}$,96354862
m	100	0
h^1	110	0,150155
h^3	310	0,5
h^2	210	0,349485
$b^{3/2}$	203	0,53240138
b^1	101	0,13305325
$b^{1/2}$	201	0,34266786
a^1	111	0,22707686
$a^{1/2}$	221	0,47336042
a_3	311	0,51762416
a_2	211	0,38340965
$b^{1/13}\, b^{1/7}\, h^{1/3}$	13.7.3	1,17667839

MÉTÉOROLOGIE. — **Les sondages aériens du Service météorologique,**

par J. VINCENT.

Le 5 janvier 1912, le Service météorologique a procédé à son centième lancer de ballons-sondes. Le premier avait eu lieu le 5 avril 1906. J'ai pensé que le moment était venu de communiquer à l'Académie certaines données fournies par nos ballons. A. Lancaster lui a présenté quelques remarques sur les sept premières ascensions ([1]). Les résultats complets de nos ascensions sont insérés dans une publication spéciale, avec ceux des autres pays, par les soins du président de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique, M. Hergesell. Ils ont paru, en outre, depuis l'origine des lancers jusqu'en janvier 1909, dans la revue *Ciel et Terre*. On les trouvera reproduits dans l'*Annuaire météorologique* à partir de mars 1909. Cette dernière publication renferme aussi, dans le volume pour l'année 1907, une description des appareils employés; M. E. Vincent y a inséré, en 1910, un article sur la manière de dépouiller les inscriptions rapportées par les ballons-sondes.

Comme la technique des lancers, tels que nous les pratiquons, éprouve de temps en temps l'une ou l'autre amélioration, je crois utile d'entrer dans quelques détails à ce sujet. L'appareil enregistreur est toujours le baro-thermo-hygrographe de Bosch-Hergesell. Nous en possédons actuellement neuf exemplaires. Les ballons sont en caoutchouc pur et extensible (feuille anglaise). Ils sont fournis par la « Continental- Caoutchouc- und Gutta-Percha Compagnie » de Hanovre. Dans toutes les ascensions, on les a employés accouplés « en tandem ». On laisse

---

([1]) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1906, p. 682.

d'abord monter un ballon de 1^{m}90 environ de diamètre, attaché à une corde de 35 mètres de longueur. Au bas de cette corde se fixe un second ballon plus petit, de 1^{m}35 environ de diamètre, qu'on laisse filer à son tour au bout d'une corde de 30 mètres de longueur, qui se termine par le panier renfermant l'appareil enregistreur. Une corde dite « de sûreté » relie la première moitié de la ligne à la seconde, de façon à parer à la rupture qui résulterait de la déchirure du petit ballon en deux portions. Si l'on éloigne considérablement les ballons de l'appareil inscripteur, c'est pour éviter que l'air échauffé par le contact des ballons ne fausse les données de température. Le gaz employé pour le gonflement des ballons est l'hydrogène. Les ballons sont fermés. Le remplissage n'est pas fait toujours de la même manière. Actuellement on gonfle le grand ballon de façon qu'il ait une poussée de 3^{kg}25 à 3^{kg}50, et le petit de façon qu'il ait une poussée de 0^{kg}25 seulement. Les poids des objets à enlever sont les suivants : enregistreur avec son emballage, 1^{kg}250; ligne, 0^{kg}33 à 0^{kg}35. Le système monte d'abord avec une vitesse assez uniforme de 4 mètres environ par seconde. Après le dixième kilomètre, elle est de 5 mètres; elle s'accroît encore souvent au delà. Le grand ballon éclate à une hauteur variable, qui dépend de la qualité de l'engin. L'ascension cesse alors et la chute commence. Celle-ci est ralentie par le petit ballon, qui reste flotter, une fois que l'enregistreur a atterri, et qui sert ainsi à signaler la présence de ce dernier. C'est pour cela que ce ballon a reçu le nom de « ballon-signal ».

Le lancement, tel que nous l'avons décrit ci-dessus, ne peut se faire que si le vent ne dépasse pas 6 ou 7 mètres par seconde. Au delà de cette vitesse, la ligne est rabattue vers le sol et l'enregistreur est traîné et projeté sur les obstacles, où il se brise. Depuis quelque temps, nous employons une méthode spéciale, en cas de vent fort, sans rien changer, du reste, à la formation de la ligne. Après avoir attaché le gros ballon à la corde de 35 mètres, on le fait maintenir près du sol par un aide. On déroule la corde dans le sens de la marche du vent; on y attache le second ballon, qui est maintenu près de terre, comme le premier; enfin, on ajoute la corde de 30 mètres dans le prolongement de la première et on fixe la corde de sûreté; on attache l'enregistreur, qu'une personne tient à la main. Lorsque le vent faiblit un peu, on fait lâcher en même temps les deux ballons; si le vent est très fort, le ballon-signal est lâché deux ou trois secondes avant l'autre. En même temps, la personne qui porte l'enregistreur se met à courir dans la direction que suit le vent; elle lâche au moment où la ligne devient verticale. En procédant de cette manière, on a pu, le 5 janvier 1912, faire un lancement par une vitesse de vent de 13^{m}6 par seconde.

Je passe maintenant aux résultats de nos ascensions. L'un des cent appareils lâchés s'est brisé au départ, lancé contre un bâtiment par le vent, qui était fort. Cet accident eut lieu au début de nos opérations, le 6 septembre 1906; il ne s'est plus reproduit. Trois appareils se sont perdus. Trois fois les inscriptions furent effacées ou rendues inutilisables. Une des feuilles d'inscription n'a pas encore pu être dépouillée, une vérification à faire au préalable n'ayant pas pu avoir lieu jusqu'ici. Il reste donc quatre-vingt-douze ascensions dont nous pouvons examiner les résultats.

Voici d'abord un tableau concernant les altitudes extrêmes qui furent atteintes :

	Nombre.
Altitudes extrêmes inférieures à 10 kilomètres	4
— — de 10 à 15 kilomètres	22
— — de 15 à 20 —	33
— — de 20 à 25 —	18
— — de 25 à 30 —	14
Altitude extrême supérieure à 30 kilomètres	1
TOTAL	92

La plus faible altitude extrême fut de 6 650 mètres (4 février 1910); la plus élevée fut de 32 430 mètres (9 juin 1911).

Les appareils enregistreurs emportés par les ballons-sondes fournissent des données relatives à la pression atmosphérique, à la température et à l'humidité. Au moyen de la pression et de la température, on calcule les altitudes par l'application de la formule de Laplace.

On sait que les sondages de la haute atmosphère ont révélé ce fait inattendu, que la température de l'air, après avoir décru à partir du sol, montre subitement, à partir d'un certain niveau, qui est variable d'une ascension à une autre, une inversion, qui se maintient jusqu'aux plus hautes altitudes atteintes jusqu'ici. Le phénomène est encore inexpliqué. Des quatre-vingt-douze ascensions dont nous nous occupons ici, il en est neuf qui n'ont pas atteint le niveau de l'inversion; elles n'ont, du reste, pas dépassé 14 640 mètres. Parmi les autres,

2 l'ont atteint au-dessous de 7 kilomètres,
1 l'a atteint entre 7 et 8 kilomètres,
7 l'ont atteint entre 8 et 9 kilomètres,
12 — — 9 et 10 —
19 — — 10 et 11 —
15 — — 11 et 12 —
18 — — 12 et 13 —
9 — — 13 et 14 —

Le niveau le plus bas de l'inversion fut constaté à 6 890 mètres, le 3 novembre 1910, par régime cyclonique; le niveau le plus élevé fut celui de 13 760 mètres, rencontré le 2 août 1906, à la limite d'un cyclone et d'un anticyclone, par gradient faible.

La plus basse température fut enregistrée le 2 février 1911 ; c'est celle de — 73°,5; elle régnait à 10 390 mètres, au niveau de l'inversion.

Je dirai maintenant quelques mots de l'état thermique de la couche d'air comprise entre le sol et le niveau de l'inversion. Les notices consacrées aux sondages aériens dans l'*Annuaire météorologique* sont accompagnées de diagrammes, qui permettent de juger de la décroissance de la température, telle que l'ont accusée les enregistreurs emportés par les ballons. Ces diagrammes, réunis en assez grand nombre sur une même planche, offrent un accord frappant jusqu'au niveau de l'inversion : ils restent presque parfaitement parallèles les uns aux autres ; et, si l'on recourt aux chiffres pour cette portion des tracés, on reconnaît que ce décroissement de la température est de 0°,7 par 100 mètres. Mais d'ordinaire le décroissement suivant ce taux n'a lieu qu'à partir d'une certaine hauteur, comprise entre le premier et le quatrième kilomètre ; auparavant, le décroissement est plus lent ou bien il est remplacé par une augmentation de température. Il faut donc, en réalité, distinguer, dans l'atmosphère qui est accessible à nos appareils, trois régions : une supérieure, qu'on a appelée la *stratosphère,* où le décroissement de la température est nul ou négatif ; une moyenne, où le décroissement se fait à raison de 0°,7 par 100 mètres, que le régime soit cyclonique ou anticyclonique ; une inférieure, d'épaisseur variable, qui peut faire défaut, où le décroissement est inférieur à 0°,7 ou devient même fréquemment négatif. Cette région inférieure est celle des troubles atmosphériques ; c'est là que se forment les masses nuageuses étendues appelées *nimbus,* versant les pluies et les neiges sur de grandes portions de la terre. Les *alto-cumulus* et l'*alto-stratus,* qui surmontent les *nimbus,* flottent le plus souvent à une altitude voisine de 4 kilomètres ; ils paraissent terminer vers le haut la région troublée ; l'origine et le rôle de ces nuages ne sont, du reste, pas encore expliqués. Cette dernière remarque s'applique aux nuages les plus élevés, les *cirrus,* qui se tiennent à 10 kilomètres environ.

Je citerai maintenant quelques inversions remarquables, constatées dans la portion inférieure de l'atmosphère.

DATES.	ALTITUDES en mètres.	TEMPÉRATURES correspondantes.	INVERSION totale.	INVERSION par 100 m
1910				
6 janvier . .	De 680 à 1 930	0°,1 et 5°,5	5°,4	0°,43
2 février . . .	De 580 à 790	-6,5 et -1,1	5,4	2,57
20 mai . . .	De 240 à 640	14,4 et 19,8	5,4	1,35
1er décembre. .	De 260 à 530	3,5 et 8,0	4,5	1,67
1911				
2 février . . .	De 1 500 à 1 870	-9,0 et -0,9	8,1	2,19
7 juin. . . .	De 560 à 1 050	5,7 et 14,0	8,3	1,69

Si le taux par 100 mètres de l'inversion du 6 janvier 1910 est faible, l'épaisseur de la couche qu'elle affectait, soit 1 250 mètres, est, par contre, considérable.

Outre son taux élevé, l'inversion du 2 février 1911 est remarquable par l'altitude considérable où elle s'est manifestée.

Il est rare que des inversions semblables aux précédentes existent à des altitudes supérieures à 3 kilomètres, et elles sont alors peu considérables. Nous citerons celle qui dépasse toutes les autres en altitude : elle eut lieu le 9 décembre 1909, de 6 060 à 6 240 mètres, les températures correspondant à ces altitudes étant — 35°2 et — 34°6, ce qui fournit une augmentation de 0°33 par 100 mètres.

Lorsque le ciel est dégagé de nuages au moment du départ d'un ballon-sonde, on prend les dispositions nécessaires pour déterminer les directions suivies successivement par les appareils aux diverses altitudes. On se sert pour cela d'un théodolite spécial, construit sur les indications d'A. de Quervain. Au moyen de cet instrument, on vise le ballon-sonde aussi souvent que possible. On a soin de noter l'instant où chaque visée a été effectuée. Or, des inscriptions fournies par l'enregistreur on déduit, pour cet instant, l'altitude du ballon. Cette dernière donnée, combinée avec l'angle de hauteur, permet de calculer à quelle distance de l'observateur le ballon se projetait sur le sol. Et si on fait intervenir alors l'azimut, on possède les coordonnées géographiques de la projection du ballon sur la terre. L'ensemble de tous les points ainsi déterminés fournit les directions horizontales suivies successivement par le ballon et, grâce aux heures notées, les vitesses. J'ajouterai que les ballons restent visibles dans la lunette du théodolite aux plus grandes hauteurs que nous leur avons vu atteindre, grâce à la vive lumière qui les éclaire : ils paraissent dans le champ comme une étoile. On a pu les apercevoir encore après qu'ils avaient dépassé la frontière française.

Les projections horizontales des trajectoires des ballons, obtenues par la méthode que nous venons de décrire, ne sont pas le résultat le moins intéressant des sondages de la haute atmosphère. Aussi les reproduisons-nous régulièrement dans la notice qui est consacrée chaque année dans l'*Annuaire météorologique* aux ascensions.

Toute la portion de l'atmosphère qui est inférieure au niveau de l'inversion a été nommée *troposphère*. Nous avons vu ci-dessus qu'on peut d'ordinaire y établir deux subdivisions. Celle qui est supérieure à ce niveau a reçu le nom de *stratosphère*, comme nous l'avons déjà dit. Ces dénominations, dues à M. L. Teisserenc de Bort, sont généralement en usage. « Dans la troposphère, la température diminue avec la hauteur ; il s'y forme des nuages aqueux ou glacés, disposés en étages ; c'est là que se passe tout ce que nous appelons le temps. La circulation atmosphérique universelle entre les pôles et l'équateur est limitée à cette zone. La faible épaisseur de celle-ci ne doit pas nous en faire méconnaître l'importance, car, à 5 kilomètres déjà, la tension de l'air est réduite de moitié, c'est-à-dire que l'on a déjà sous soi la moitié de l'atmosphère, si on la considère au point de vue de sa masse ; de plus, à la limite supérieure de la troposphère, il ne subsiste plus que le quart de la pression atmosphérique totale. Ainsi, la masse de la troposphère vaut le triple de toutes les couches qui la surmontent. Les conditions qui règnent dans la stratosphère, qui succède à la troposphère, sont essentiellement différentes. Il y existe partout une même température de — 55°C. environ, l'équilibre existant entre les gains et les pertes de chaleur. Il ne se forme plus de nuages ici. Tout mélange qui résulterait de mouvements verticaux est devenu impossible; les couches se trouvent à peu près en équilibre statique; elles ne prennent point part à la circulation qui s'accomplit entre les pôles et l'équateur (1). » Il y aurait peut-être des réserves à faire au sujet de quelques-unes des assertions contenues dans ces lignes; mais nous ne nous y arrêterons pas, l'ensemble du passage donnant une idée fidèle de l'opposition de caractères qui existe entre les deux portions de l'atmosphère dont il s'agit. Nous dirons toutefois que le chiffre de — 55°, attribué à la stratosphère, ne doit être accepté que comme une moyenne.

L'opposition en question se maintient quand on considère la direction et la vitesse des courants aériens. La vitesse faiblit et la direction devient indécise, lorsqu'on passe de la troposphère dans la stratosphère. Pourtant ce n'est pas là une règle générale, comme on le verra plus loin. On a affirmé aussi qu'à partir d'une certaine hauteur la direction orientale du vent, dans la stratosphère, devait être considérée, aussi bien que le déplacement rapide vers l'ouest des nuages lumineux observés à certaines époques, comme une preuve de l'indépendance de la haute atmosphère par rapport au globe terrestre, dont elle ne partagerait pas le mouvement de rotation. On a invoqué, à ce sujet, notre lancer du 25 juillet 1907, dont nous parlerons ci-dessous. Mais il est à remarquer que, dans d'autres ascensions presque aussi élevées que celle-là, on n'a pas rencontré les vents d'E en question.

---

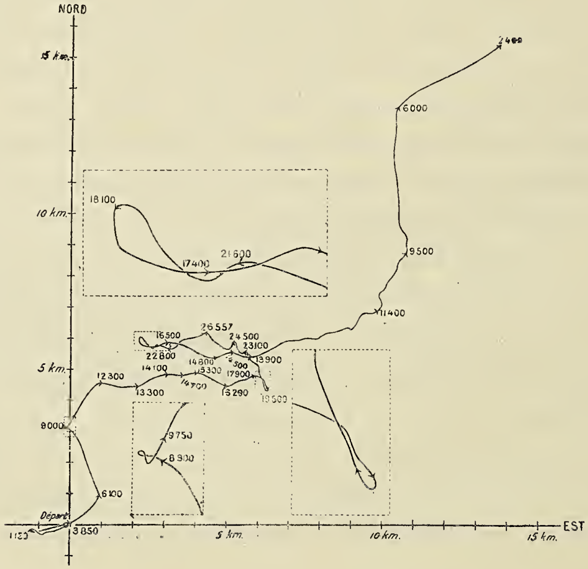
(1) A. Wegener, *Thermodynamik der Atmosphäre*, p. 6. Leipzig. 1911.

Parmi les quatre-vingt-douze lancers qui font l'objet de cette note, onze ont fourni la trajectoire du ballon, grâce à l'absence plus ou moins complète de nuages. Nous n'examinerons pas ici toutes ces trajectoires. Nous considérerons seulement celles des ballons qui se sont élevés le plus haut. En voici la liste :

DATES. —	ALTITUDES maxima. Mètres.	ALTITUDES de l'inversion. Mètres.
25 juillet 1907.	26 557	12 110
6 mai 1909	22 770	13 080
2 juillet 1909	21 688	10 650
10 août 1910	25 830	11 850
8 juin 1911	25 790	12 300

La trajectoire du ballon du 25 juillet 1907 est peut-être l plus intéressante, à cause des nombreux courants qu'elle met en évidence. L'inversion coïncide à peu près avec un passage du vent du SSW à l'W, mais non avec une diminution notable et persistante de la vitesse de l'air, comme le montrent les chiffres ci-après :

Ascension du 25 juillet 1907.



Ballon-sonde du 25 juillet 1907.

ALTITUDES. Mètres.	VITESSES HORIZONTALES. Mètres par seconde.
100- 1 150	4,5
1 150- 6 100	2,5
6 100- 9 000	3,9
9 000-12 300	3,2
12 300-19 500	4,7
19 500-26 557	3,2

Lors de cette ascension remarquable, la pression atmosphérique était très uniforme et voisine de 760 millimètres sur l'Europe occidentale.

Le ballon du 6 mai 1909 nous montre, vers le niveau de l'inversion, un changement dans son allure, mais, cette fois, ce n'est pas tant la direction que la vitesse qui se modifie. La direction, en effet, après avoir été celle de l'E, à l'exception de la partie du voyage comprise entre 3 et 7 kilomètres environ, où elle fut celle de NE, continue d'être, après l'inversion, orientale, d'une manière générale, tout en offrant de nombreux crochets ou boucles, qui donnent dès lors à la trajectoire un aspect tout spécial. Voici les vitesses :

Ballon-sonde du 6 mai 1909.

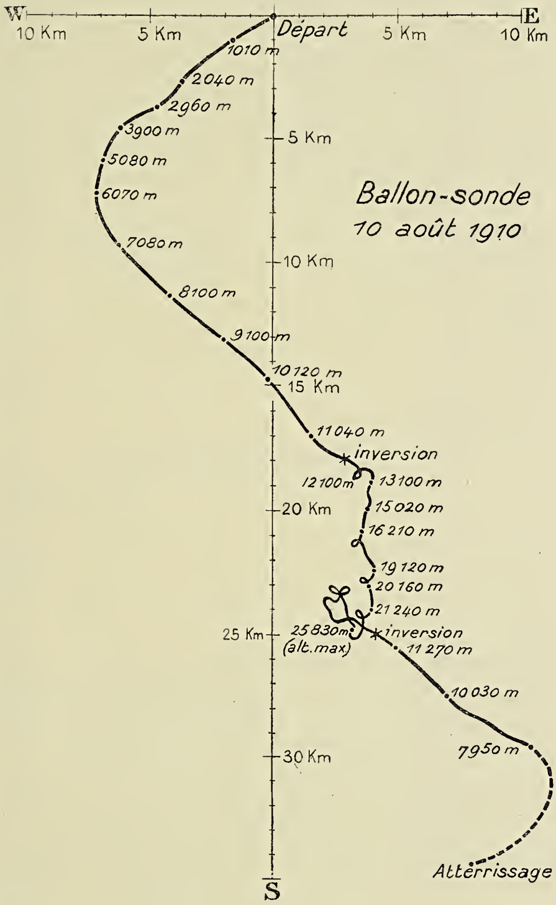
ALTITUDES. Mètres.	VITESSES HORIZONTALES. Mètres par seconde.
850- 2 870	15,8
2 870- 4 650	9,1
4 650- 6 510	9,9
6 510- 7 800	12,1
7 800-10 030	13,4
10 030-12 320	19,3
12 320-13 780	17,7
13 780-18 140	2,7
18 140-20 840	3,0
20 840-22 700	3,4

Le ballon du 2 juillet 1909 pénétra dans la stratosphère à l'altitude de 10 650 mètres. Il avait suivi jusque-là la direction de NNE ; il la conserva jusqu'au dix-septième kilomètre, où sa direction devint E. Quant à la vitesse horizontale, elle ne se modifia pas non plus au niveau de l'inversion, mais seulement 4 kilomètres plus haut.

Ballon-sonde du 2 juillet 1909.

ALTITUDES. Mètres.	VITESSES HORIZONTALES. Mètres par seconde.
930- 3 380	11,1
3 380- 5 090	9,9
5 090- 7 860	11,2
7 860- 9 820	15,1
9 820-14 880	15,9
14 880-16 050	7 5
16 050-17 480	6,3
17 480-19 150	5,4
19 150-20 170	5,2
20 170-20 820	4,1
20 820 21 410	4,5
21 410-21 620	5,4

La trajectoire du ballon du 10 août 1910 se partage nettement en deux portions, tant au point de vue des directions suivies qu'à celui des vitesses, et la double modification s'accomplit au niveau de l'inversion. On passe, en effet, à l'altitude de 11 850 mètres, d'une vitesse de 14^{m}3 à une vitesse de 5^{m}3. La figure montre clairement le changement de direction. On remarquera que le courant d'E supérieur fait ici complètement défaut.

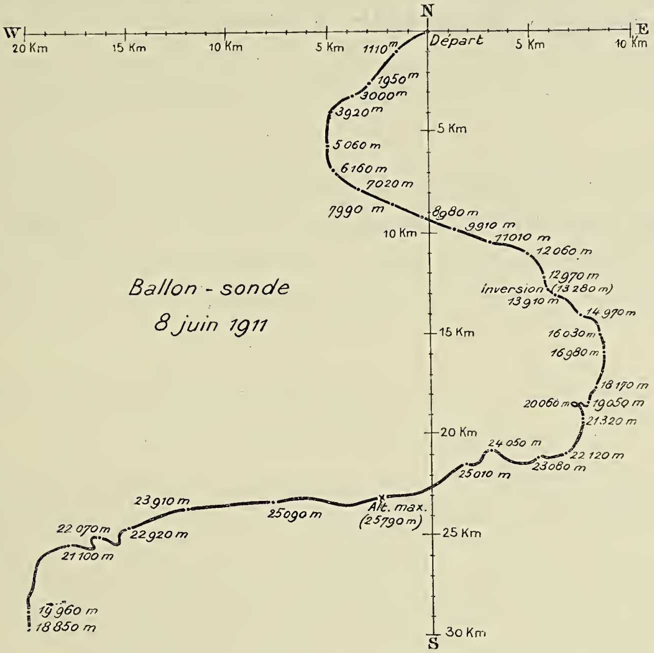

W
E
10 Km
5 Km
Départ
5 Km
10 Km
1010 m
2040 m
2960 m
3900 m
5 Km
5080 m
6070 m
Ballon-sonde
10 août 1910
7080 m
10 Km
8100 m
9100 m
10120 m
15 Km
11040 m
inversion
12100 m
13100 m
20 Km
15020 m
16210 m
19120 m
20160 m
21240 m
25 Km
25830 m
(alt. max)
inversion
11270 m
10030 m
7950 m
30 Km
Atterrissage
S

Ballon-sonde du 10 août 1910.

ALTITUDES. Mètres.	VITESSES HORIZONTALES. Mètres par seconde.
100- 1 250	9,1
1 250- 2 460	8,4
2 460- 3 110	4,7
3 110- 3 780	7,4
3 780- 4 360	6,2
4 360- 5 490	5,1
5 490- 6 070	6,9
6 070- 6 440	8,9
6 440- 6 870	10,1
6 870- 7 560	12,4
7 560-10 120	13,1
10 120-11 040	16,3
11 040-11 340	15,3
11 340-11 950	14,3
11 950-12 310	5,3
12 310-12 620	7,0
12 620-12 780	8,9
12 780-13 100	10,0
13 100-16 520	3,8
16 520-17 390	2,7
17 390-19 120	3,0
19 120-19 880	5,5
19 880-20 640	4,2
20 640-21 240	6,6
21 240-21 910	4,8
21 910-23 530	2,6
23 530-24 370	3,7
24 370-24 740	7 8
24 740-25 350	3,9
25 350-25 820	2,3

Il est bien difficile de découvrir, dans les données qui concernent le ballon du 8 juin 1911, un changement d'allure qui se serait produit lors de l'entrée dans la stratosphère. A partir du vingt-deuxième kilomètre, on voit souffler le vent d'E qui démontrerait, pour certains auteurs, l'indépendance des couches les plus élevées de l'atmosphère par rapport au globe terrestre, au point de vue du mouvement de rotation.

Il est intéressant de rechercher si les inversions inférieures, situées à quelques kilomètres, et dont nous avons parlé ci-dessus, coïncidaient avec des changements dans le vent. Nous connaissons la trajectoire du ballon-sonde du 20 mai 1910. La portion de cette trajectoire qui se rapporte à la couche d'air comprise entre le sol et l'altitude de 1 600 mètres, a la forme d'un arc de cercle ; l'inversion n'y est signalée par aucune particularité. Le 7 juin 1911, des nuages empêchèrent de viser le ballon-sonde ; mais, 3h47m après son départ, on lança un ballon-pilote, dont on put déterminer la trajectoire jusqu'à l'altitude de 8 360 mètres. Cette trajectoire est dirigée vers le SW, depuis le départ jusqu'à la hauteur de 1 020 mètres ; elle s'infléchit ensuite vers le SSE. Ici le commencement de l'inversion ne correspond donc à aucune modification du vent, mais la fin de l'inversion a lieu au moment où la direction du vent change de 70° environ.


N
W
E
S
20 Km
15 Km
10 Km
5 Km
Départ
5 Km
10 Km
1110m
1950m
3000m
3920m
5 Km
5 060 m
6160 m
7020 m
7990 m
8980 m
10 Km
9910 m
11010 m
12 060 m
12970 m
inversion (13 280 m)
13 910 m
14 970 m
Ballon - sonde
8 juin 1911
15 Km
16 030 m
16 980 m
18 170 m
20060 m
19 050 m
21 320 m
20 Km
24 050 m
22 120 m
23080 m
25010 m
23 910 m
25090 m
Alt. max.
(25790 m)
22 070 m
22 920 m
21 100 m
25 Km
19 960 m
18 850 m
30 Km

ASTRONOMIE. — Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 au poste du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur,

par le P. F. WILLAERT, S. J., professeur au Collège Saint-Michel,
à Bruxelles.

Dans une note précédente, nous avons publié quelques résultats numériques provisoires déduits de mesures effectuées sur le film enregistreur. La présente note a pour but de faire connaître les méthodes qui ont fourni ces résultats.

I. — DURÉE DU PASSAGE ET DIFFÉRENCE ENTRE LE DEMI-DIAMÈTRE DU SOLEIL ET CELUI DE LA LUNE.

La succession des images sur le film étant très rapide et très régulière (14 images à la seconde), on peut estimer, avec une très grande précision et indépendamment de la connaissance de l'heure absolue, l'intervalle de temps qui sépare deux phases d'un même croissant ou deux phases symétriques.

Quatorze images répondent à une seconde de temps et à un déplacement relatif de la lune par rapport au soleil de $0''37$ (1).

Le coefficient de réduction a été calculé au moyen des variations en AR et en D de la lune et du soleil tirées de la *Connaissance des Temps,* en négligeant toutefois la variation en déclinaison du soleil. Un déplacement d'*une* image sur le film correspond à un déplacement angulaire de la lune de $0''025$. En prenant pour valeur de la parallaxe lunaire $57'41''$, la translation relative de la lune qui répond à cet angle n'est que de 49 mètres environ.

---

(1) L'incertitude de cette valeur approchée affecte *proportionnellement* toutes les autres données numériques de cette note. Les approximations qu'on indique se rapportent, *non à ces valeurs encore provisoires*, mais aux valeurs définitives.

Le profil de la lune est dentelé. Nous distinguerons donc :

1° Le demi-diamètre du contour tangent aux sommets de la dentelure lunaire, contour supposé circulaire. Ce demi-diamètre sera désigné par r''.

2° Le demi-diamètre du contour tangent au fond des creux du profil, contour supposé circulaire. Ce demi-diamètre sera désigné par r'.

L'anneau de la phase maximum étant sectionné sur tout son pourtour, il s'ensuit que le rayon r'' est plus grand que le rayon solaire et le rayon r', plus petit. Pour la valeur r'', l'éclipse est totale; pour la valeur r', elle est partielle. Le demi-diamètre solaire sera désigné par R.

Cercle r''.

Le deuxième contact (oriental) a lieu quand se présente dans le voisinage (± 10°) du point de tangence la première solution de continuité du croissant. L'irrégularité du profil lunaire rend impossible une définition plus précise.

Le troisième contact (occidental) a lieu quand les fragments du croissant se soudent en un arc continu au voisinage du point de tangence.

La durée du passage du cercle r'' est de $8^{\text{sec}}1$.

La valeur correspondante

$$r'' - \mathrm{R} = 1''55$$

peut être considérée comme exacte à $0''4$ près. Les effets d'irradiation rendent assez délicat le choix des phases de contact. Certaines images qui ont vibré facilitent cette détermination.

Cercle r'.

Le deuxième contact (occidental) a lieu quand apparaît à travers un creux de la dentelure, sous forme de point lumineux, le bord de la photosphère dans le voisinage du point de tangence.

Le troisième contact (oriental) a lieu quand disparaît le dernier point lumineux au voisinage du point de tangence.

On trouve : Durée du passage du cercle r' : $4^{sec}4$.

$$R - r' = 0''82.$$

L'apparition des grains lumineux est précédée d'une lueur indécise, due probablement aux couches intérieures et plus brillantes de la couronne, qui se découvrent avant la photosphère. Ces couches ayant impressionné le film auraient comme épaisseur $0''5$ environ.

Le moment de l'apparition de grains nettement caractérisés peut être estimé sur le film à trois dixièmes de seconde près, répondant à une approximation de $0''15$ sur la valeur $R - r'$.

II. — Relief marginal du disque lunaire.

L'intervalle de temps qui sépare les deux contacts orientaux ou occidentaux des disques r'' et r' permet d'évaluer les dénivellations marginales de la lune au voisinage du point de tangence. On trouve 4000 mètres pour le bord est, 4600 mètres pour le bord ouest.

Remarque. — Il suit de ces valeurs — ce que le film montre d'ailleurs directement — que, dans le calcul des occultations, on ne peut fixer le moment de la disparition d'une étoile qu'à cinq ou six secondes près, l'étoile pouvant disparaître derrière un sommet ou au fond d'une vallée lunaire. On cherche communément à éliminer ces irrégularités par des moyennes. Il serait avantageux, pour les calculs d'occultations, d'adopter pour rayon de la lune un rayon intermédiaire entre r'' et r' choisi de manière qu'il y ait probabilité égale qu'une étoile soit occultée avant ou après l'instant où sa distance au centre lunaire a atteint la valeur du rayon adopté. La connaissance du profil lunaire permettrait de calculer ce rayon. Nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

III. — PRINCIPE DES MÉTHODES DE MESURE PROPRES A L'ENREGISTREMENT CINÉMATOGRAPHIQUE.

Ces méthodes consistent à déterminer sur le film deux croissants ayant mêmes épaisseurs que les demi-anneaux polaires de la phase maximum. De l'intervalle de temps qui sépare ces deux phases d'un même croissant, on déduit immédiatement la différence des épaisseurs de ces demi-anneaux, les épaisseurs étant comptées, sur les croissants, dans le sens de la trajectoire lunaire et, sur les anneaux, normalement à cette direction.

On ramènera de la sorte toutes les mesures à des différences de temps entre deux phases.

Il importe de remarquer que cette méthode élimine d'elle-même les effets d'irradiation.

Soient e' et e'' les épaisseurs respectives de deux croissants, comptées suivant une direction parallèle à la trajectoire relative du centre de la lune sur le soleil; soit t l'intervalle de temps, mesuré en secondes, entre les deux phases. On aura :

$$e' - e'' = 0''37\, t.$$

Le choix de deux croissants de même épaisseur est rendu plus délicat par le sectionnement de ces croissants. Pour faire ce choix, nous nous sommes efforcés d'estimer l'épaisseur moyenne des tronçons aux environs des points à considérer. Nous avons répété ces déterminations à plusieurs jours d'intervalle, tantôt sur le film négatif, tantôt sur le film positif. Nous donnons un aperçu des chiffres obtenus.

$12^{\mathrm{h}}15^{\mathrm{m}}$ (²)	FILM NÉGATIF 24-5-12 — Bonne détermination.	FILM NÉGATIF 26-5-12 — Bonne détermination.	FILM POSITIF 7-6-12 — Assez bonne détermination.	FILM NÉGATIF 8-6-12 — Bonne détermination.	FILM POSITIF 8-6-12 — Bonne détermination.
Deuxième contact de r'' (oriental)	$13^{\mathrm{s}}{,}3$	$13^{\mathrm{s}}{,}0$	$12^{\mathrm{s}}{,}0$	$12^{\mathrm{s}}{,}3$	$11^{\mathrm{s}}{,}9$ (bon)
Deuxième contact de r' (occidental)	13,7	13,5	—	13,2	—
Croissant oriental de l'épaisseur du demi-anneau boréal. . .	13.9	14,0	12,3	13,2	13,9 (bon)
Croissant oriental de l'épaisseur du demi-anneau austral . .	14,9	14.5	14,3	14.8	14,9
Phase maximum	15,5	15,3	15,8	15,6	15,3
Croissant occidental de l'épaisseur du demi-anneau austral .	16,0	16,5	16,8	16,3	16,5
Croissant occidental de l'épaisseur du demi-anneau boréal . .	17,2	17,3	19,0(¹)	17,4	17.2
Troisième contact de r' (oriental).	17,2	17,3	-	17,3	—
Troisième contact de r'' (occidental).	18 5	19,4	19,7	19,5	20,0

(¹) Erreur de lecture probable.

(²) Indications horaires brutes, devant subir une correction moyenne de $14^{\mathrm{s}}{,}25$.

IV. — CALCUL DE LA DISTANCE DES CENTRES AU MOMENT DE LA PHASE MAXIMUM ET DE LA DISTANCE DE LA LIGNE DE CENTRALITÉ.

Soient e' et e'' les épaisseurs respectives des demi-anneaux polaires, δ, la distance des centres. On a immédiatement :

$$\delta = \frac{e' - e''}{2}.$$

Cette relation est indépendante de l'ellipticité possible des disques du soleil et de la lune. La valeur $e' - e''$ se calcule par comparaison avec les phases de même épaisseur, soit des croissants orientaux, soit des croissants occidentaux.

On trouve les valeurs : $\delta = 0''19$, $\delta = 0''215$; et, pour moyenne, $0''2$.

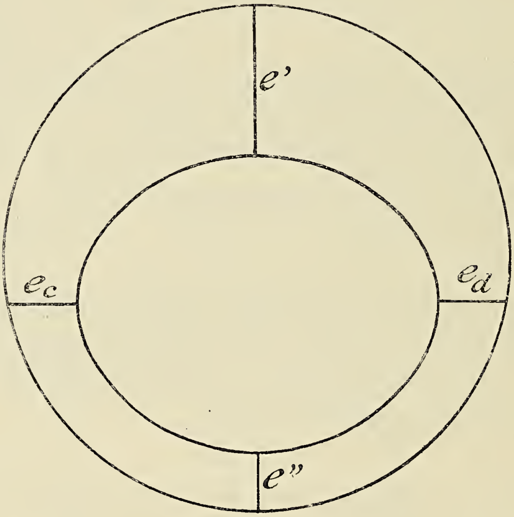
Cette valeur, plutôt trop faible, doit être exacte à $0''15$ près.

On en déduit pour distance de la ligne de centralité 550 mètres au sud du poste d'observation. La ligne passerait exactement par l'*Hôtel de la Citadelle* de Namur.

Remarque. — Cette méthode de détermination de la distance des centres n'est applicable que lors d'une éclipse annulaire et suppose en outre que le poste enregistreur se soit trouvé dans la zone des quatre contacts. On peut l'étendre au cas de toute éclipse totale ou annulaire, en installant deux postes cinématographiques synchronisés de part et d'autre de la ligne de centralité, de manière à y enregistrer deux croissants de sens contraire. Il suffit de tenir compte de l'effet de parallaxe qui résulte de l'écartement des postes.

V. — CALCUL DE LA DIFFÉRENCE DU DEMI-DIAMÈTRE ÉQUATORIAL ET DU DEMI-DIAMÈTRE POLAIRE DE LA LUNE.

A l'instant de la phase maximum, les tronçons des deux anneaux polaires *sont plus épais* que ceux des anneaux latéraux. En supposant donc le soleil rigoureusement circulaire, il faudrait conclure que le disque lunaire est légèrement aplati aux pôles.



Soient e', e'', e_c, e_d les épaisseurs respectives de l'anneau au nord, au sud, à l'est et à l'ouest. Soient r_e le demi-diamètre équatorial de la lune (*), r_p son demi-diamètre polaire, R le demi-diamètre du soleil.

On a

$$2R - 2r_p = e' + e''$$

$$2R - 2r_e = e_c + e$$

(*) Le rayon r' dont il a été question au cours de cette note n'est autre que le rayon équatorial r_e.

d'où

$$2(r_e - r_p) = e' - e_c + e'' - e_d.$$

Considérons une phase telle que $e' = e_c$, et soit e'_d la valeur correspondante de e_d. La formule devient

$$2(r_e - r_p) = e'' - e'_d.$$

En mesurant $e'' - e'_d$ par le procédé indiqué, on trouve

$$r_e - r_p = 0''402.$$

En considérant une phase telle que $e'' = e_d$, on trouve

$$r_e - r_p = \frac{1}{2}(e' - e''_c) = 0''44.$$

Pour moyenne :

$$r - r_p = 0''42,$$

avec une approximation de $0''15$.

D'où un aplatissement de $^1/_{2200}$.

De ces valeurs on tire les épaisseurs de l'anneau à la phase maximum :

Arc boréal : $1''46$.

Arc austral : $1''04$.

Arcs latéraux : $0''82$.

VI. — DISCUSSION DE CERTAINS RÉSULTATS.

1° Il importe de fixer le sens de ces valeurs r_e, r_p trouvées. Elles se rapportent, non au rayon de la surface « moyenne » de la lune, mais au rayon d'un disque tangent au fond des échancrures du profil de la lune. Ce rayon est plus grand que le rayon moyen de la surface générale de la lune, pour cette raison que, sur le bord du disque, on voit, en général, apparaître entre deux montagnes lunaires le sommet des pics voisins, qui semblent en partie combler la vallée. L'aspect de la ligne d'ombre et de lumière lors de la demi-lune montre la chose à l'évidence. Or, il est *possible* que la différence trouvée entre les deux diamètres lunaires dérive uniquement du fait que les creux du disque aux environs des pôles sont moins masqués par les massifs voisins qu'au voisinage de l'équateur;

2° Des mesures faites par *Neisson* sur les montagnes que la libration peut amener au bord du disque lunaire, on peut tirer une valeur moyenne des hauteurs de ces massifs. Cette moyenne est de 8 000 mètres à peu près. Or, nos mesures nous ont donné pour profondeur moyenne apparente des creux 4 500 mètres. Pour obtenir le rayon moyen, r, de la lune, nous devrons réduire le rayon r' de $8\,000 - 4\,500 = 3\,500$ mètres équivalant à $1''72$.

R désignant le demi-diamètre solaire, on aurait donc

$$R - r = R - r' + 1''72 = 2''54.$$

3° Le rayon r intéresse surtout la physique lunaire; le rayon r' convient au calcul des éclipses, car c'est lui qui fixe l'instant où commence et où finit la totalité; le rayon r'' combiné avec le rayon r' fournira une valeur moyenne servant aux calculs d'occultations.

ASTRONOMIE. — **Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 faites à l'équatorial de l'Observatoire de Cointe,**

par M. DEHALU, astronome à l'Observatoire de Cointe, chargé de cours à l'Université de Liége.

Les instants des contacts et de la phase maximum ont été observés à l'aide du chercheur de l'équatorial de 10 pouces de Cooke et d'un chronographe à pointes du système Hipp transformé, relié à une pendule de Cooke marquant le temps sidéral. L'état et la marche horaire de cette horloge ont été déterminés par des comparaisons avec la pendule normale (Riefler) de l'Observatoire, faites avant et après le phénomène.

Les heures observées réduites en temps moyen de Greenwich étaient pour

Le premier contact	10h55m45s,2
La phase maxima	12 16 32,0
Le dernier contact	13 37 10,0

Le calcul effectué par la méthode de la *C. d. T.* avait donné, en prenant pour les coordonnées géographiques de l'Observatoire de Cointe : latitude 50°37′06″, longitude 22m15s5 W. Greenwich,

Premier contact	10h55m43s,6
Phase maxima	12 16 57,5
Dernier contact	13 37 34,9

La durée de l'éclipse observée aurait été inférieure de 26s4 à celle qui résulte du calcul.

Photographies de l'éclipse. — Pendant la durée du phénomène, neuf photographies ont été prises à l'aide du réfracteur de Cooke de dix pouces diaphragmé à l'ouverture de 3 centimètres et d'un obturateur à fente (4 millimètres) fonctionnant à une vitesse moyenne.

Nous avons choisi cette ouverture réduite pour l'objectif afin d'éviter les phénomènes pouvant résulter du défaut d'achromatisme des lentilles et la production du halo circulaire qui accompagne souvent les photographies du disque solaire prises en dehors des éclipses (¹) et donne une apparence semblable à celle de la chromosphère.

Les neuf plaques photographiques ont été développées toutes ensemble dans la même cuvette et pendant la même durée; elles ont donné d'excellentes images dont les détails ont été examinés à l'aide d'un microscope à faible grossissement. En voici une description sommaire. (Voir tableau ci-après.)

A l'aide de ces photographies et des temps observés pour chacune d'elles, nous avons essayé de déterminer les instants des contacts et par comparaison avec ceux déterminés visuellement la valeur de l'irradiation photographique pour nos images.

Le procédé auquel nous avons eu recours a consisté dans la mesure de la longueur de la corde soustendue par l'arc du croissant lunaire et à l'aide de cette donnée nous avons calculé l'instant où cette corde a une longueur nulle, c'est-à-dire où elle est tangente au disque solaire.

Temps déduits des photographies .	$10^h55^m19^s$	$13^h37^m23^s$
Temps observés	10 55 45	13 37 10
DIFFÉRENCES . . .	+26	−13

Les signes indiquent bien l'effet de l'irradiation photographique, mais les nombres trouvés devraient être égaux en valeur absolue. La discordance provient de la difficulté d'effectuer des mesures suffisamment précises sur les clichés photographiques. On s'en rendra aisément compte si l'on pense qu'une seconde de temps vaut $0^{mm}004$ sur nos photographies.

On peut donc admettre que l'irradiation photographique de

(¹) C. LE PAIGE, De l'action du Soleil sur les plaques photographiques (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 1897, 3ᵉ sér., t. XXXIII, nº 5, pp. 429-437), et IDEM, Sur la photographie du Soleil. (*Ibidem*, 1897, 3ᵉ sér., t. XXXIV, nº 7, pp. 16-20.)

nos images est sensiblement égale à ± 20 secondes, soit $0^{\text{mm}}072$ pour un disque de 35 millimètres de diamètre. Mais il est vraisemblable que cette valeur varie avec l'ouverture relative de l'objectif et la durée d'exposition.

NUMÉROS des photographies.	TEMPS observés.	DESCRIPTION.
1	$10^{\text{h}}58^{\text{m}}42^{\text{s}},1$	Le bord concave du croissant paraît légèrement plus lumineux que le bord convexe; on distingue nettement de petites échancrures ayant l'apparence de dents de scie.
9	13 32 12,3	Symétrique de la précédente. Mêmes constatations, mais les échancrures sont à peine visibles.
2 8	11 28 12,3 13 15 20,4	La luminosité, plus grande cette fois, du bord concave apparaît encore. Les échancrures sont plus visibles sur 2 que sur 8
3 6	11 47 22,3 12 40 3,7	Même chose concernant la luminosité du bord concave, mais les échancrures ont totalement disparu.
7	12 58 29,4	Le bord de la lune est très légèrement irrégulier.
5	12 18 5,0	Cette photographie, prise une minute environ après l'instant de la phase maxima, montre un croissant très délié d'une grande régularité dans les contours, excepté pour l'une des pointes qui porte une échancrure. Le bord concave est toujours plus lumineux et celui de la lune paraît faiblement éclairé.
4	12 16 37,5	Prise cinq secondes après l'instant de la phase maximum, cette photographie montre les mêmes apparences que la précédente avec un peu moins de netteté, mais elle est de toutes la plus intéressante pour les faits suivants : Une des pointes du croissant est entièrement détachée de l'ensemble, comme si elle avait été sectionnée, et la partie détachée est double en épaisseur de la partie voisine du croissant. Son bord concave est d'ailleurs très irrégulier. Les deux régions voisines de cette pointe du croissant montrent, celle qui est isolée, 5 petits grains, l'autre 6 ou 7, situés moitié dans la partie la plus éclairée du bord concave, moitié dans la partie faiblement éclairée du bord de la lune; ils ont environ un à deux centièmes de millimètre sur nos photographies qui ont un diamètre de 35 millimètres et représentent probablement les aspérités de la surface lunaire en cet endroit. L'autre pointe du croissant est constituée de six petits rectangles entièrement isolés les uns des autres et du reste du croissant : c'est l'aspect très connu qu'offrent les grains de Baily.

◆

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Lagrange (*Charles*). Leçons sur la Parole de Dieu, précédées d'une lettre à S. M. Albert, roi des Belges. Leçons I-XII. Bruxelles, 1912; gr. in-8° ([203], 547 p.).

Uccle. *Observatoire royal de Belgique.* Carte photographique du Ciel. Planches : n° 11, zone + 37°, n° 13; n° 12, zone + 33°, n° 17; n° 13, zone + 33°, n° 41°; n° 14, zone + 33°, n° 59; n° 15, zone + 33°, n° 91; n° 16, zone + 33°, n° 93; n° 17, zone + 33°, n° 130; n° 18, zone + 33°, n° 128; n° 19, zone + 35°, n° 129; n° 20, zone + 33°, n° 145.

Lacroix (*A.*). Sur les gisements de corindon de Madagascar. Paris, 1912; extr. in-4° (6 p.).

— Le volcan de la Réunion. Paris, 1912; extr. in-4° (7 p.).

— Les laves du volcan actif de la Réunion. Paris, 1912; extr. in-4° (7 p.).

— Les volcans du centre de Madagascar. Le massif de l'Ankaratra. Paris, 1912; extr. in-4° (6 p.).

— Le massif de l'Itasy. Paris, 1912; extr. in-4° (6 p.).

— Les roches grenues intrusives dans les brèches basaltiques de la Réunion; leur importance pour l'interprétation de l'origine des enclaves homœogènes des roches volcaniques. Paris, 1912; extr. in-4° (6 p.).

— Les niobotantalotitanates uranifères (radioactifs) des pegmatites de Madagascar; leur association fréquente à des minéraux bismuthifères. Paris, 1912; extr. in-4° (7 p.).

Monteil (*Lieutenant colonel P.-L.*). Théorie du point. Géométrie rectiligne et curviligne. Édition nouvelle considérablement simplifiée. Paris, 1912; in-4° (136-III p., fig. et 1 pl.).

Gautier (*Raoul*). Observations faites pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 à l'Observatoire de Genève. Genève, 1912; extr. in-8° (pp. 381-390, 3 pl.).

Schaer (*Émile*). Les télescopes en général et un télescope Cassegrain de 1 mètre de diamètre. Note complémentaire par Raoul Gautier. Genève, 1912; extr. in-8° (pp. 205-211, 7 pl.).

Garavito (*Julio*). Nota sobre la dinámica de los electrones. Bogota (Colombie), MCMXII, in-16 (16 p.).

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 1er juin 1912.*

Félicitations à MM. le Paige, commandeur de l'Ordre de Léopold, J. Neuberg, commandeur de l'Ordre de la Couronne, et Jean Massart, lauréat du concours De Keyn 375

Correspondance.

Décès de Édouard Strasburger, associé. — Remerciements du Comité de publication des tables de constantes de chimie, physique, etc., pour l'appui accordé par l'Académie. — Jubilé de l'Université de Lemberg. — Travail à l'examen. — Hommages d'ouvrages 376

Élections

MM. A. De Hemptinne et V. Willem élus membres titulaires; L. Crismer et J. Cornet, correspondants; G.-A. Boulenger, associé. 377

Rapports.

Avis de MM. Dumoulin et Neuberg (Sur les systèmes linéaires quintuplement infinis de quadriques; par L. Godeaux) 378
Rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige (Les sondages aériens du Service météorologique de l'Observatoire royal de Belgique; par J. Vincent) 378, 379
Rapport de M. le Paige (Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. Willaert, S. J.). 380
Rapport de M. le Paige (Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, faites à l'équatorial de l'Observatoire de Cointe; par M. Dehalu) . . . 380

Communications et lectures.

La Classe vote l'impression d'un travail de M. De Heen (Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons et la théorie substantialiste) dans les *Mémoires* in-4°. 380
Minéralogie. — *Formes nouvelles dans la Phosgénite de San Giovanni (Sardaigne)*; (1 fig.), par G. Cesàro. 381
Météorologie. — *Les sondages aériens du Service météorologique* (3 fig.); par J. Vincent 386
Astronomie. — *Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 au poste du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur* (1 fig.); par le P. Willaert, S. J. 400
Astronomie. — *Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, faites à l'équatorial de l'Observatoire de Cointe;* par M. Dehalu 409

Bulletin bibliographique 412

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

6.475
.A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 7

SMITHSONIAN INSTITUTION
JUN 1 193
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 6 juillet 1912.

M. **Ch. Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, M^{el} Mourlon, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, Léon Fredericq, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, A. Lameere, G. Cesàro, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. Rutot, A. de Hemptinne, *membres;* P. Stroobant, J. Verschaffelt, Louis Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe, Émile Marchal, L. Crismer et J. Cornet, *correspondants.*

M. le Directeur souhaite la bienvenue aux nouveaux élus qui assistent à la séance.

CORRESPONDANCE.

MM. A. de Hemptinne, Victor Willem, L. Crismer, J. Cornet et G.-A. Boulenger remercient pour leur élection.

— L'*Academy of Natural Sciences* de Philadelphie et l'Université de Lemberg (Léopol) remercient pour les félicitations qui leur ont été exprimées au nom de l'Académie, par le Secrétaire perpétuel, à l'occasion de leurs récents jubilés.

— L'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux annonce qu'elle célébrera les 11 et 12 novembre prochain son 200ᵉ anniversaire de fondation par lettres patentes de Louis XIV, du 5 septembre 1712. — Une adresse sera envoyée.

— M. le Profʳ Joubin, secrétaire général du XIᵉ Congrès international de zoologie de Monaco, demande la participation de la Classe à ses travaux.

— Le Comité organisateur du VIᵉ Congrès international d'électrologie et de radiologie générales et médicales annonce que ses assises se tiendront à Prague, du 26 au 31 juillet prochain.

— Le Congrès géologique international tiendra sa douzième session, au Canada, durant l'été 1913.

— Un travail de M. Ch. Michaux : *Faillite de la métagéométrie,* et une note de M. Th. Ledent : *Sur une courbe trisectrice,* seront examinés par M. Mansion.

— Hommages d'ouvrages :

L'Art de l'enfant, par M. Van Lair.

Cent Agaricacées (Leucosporées). Espèces ou variétés nouvelles pour les Flandres et, en partie, pour la flore belge, par M. Ch. Van Bambeke.

Walthère Spring, sa vie et son œuvre, par M. L. Crismer.

Le limon hesbayen de la Hesbaye, par MM. Max Lohest et Charles Fraipont.

Diagrammes des variations de niveau de la mer observées à l'extrémité de l'estacade d'est du chenal d'entrée au port d'Ostende pendant l'année 1910 (envoi par M. le Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics).

Éloges académiques et discours de Gaston Darboux, par le Comité organisateur de la manifestation.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie, volume I, par le Comité international de publication.

PRIX LOUIS MELSENS.

(CHIMIE OU PHYSIQUE APPLIQUÉES.)

Aucun travail n'a été soumis pour la troisième période (1er juillet 1908-30 juin 1912).

M. C. Vanlair prononce les paroles suivantes, auxquelles la Classe s'associe et dont elle vote l'impression :

Hommage à Théophile Gluge.

Un de nos plus éminents collègues, Théophile Gluge, qui appartenait à notre Compagnie, aurait célébré il y a quelques jours s'il avait vécu jusqu'à l'heure présente son centième anniversaire de naissance.

Né le 18 juin 1812, il figurait déjà parmi nos *correspondants* dès l'année 1843; et cinq ans plus tard la Classe des sciences l'admettait au nombre de ses membres *titulaires*. A deux reprises, en 1857 et 1873, elle lui confia le soin de présider à ses délibérations. C'est dire que non content d'ajouter à la réputation de notre Académie par l'éclat de son nom, il ne cessa jamais de contribuer personnellement à sa prospérité. Alors qu'il souffrait d'une infirmité cruelle — une perte quasi complète de la vue — on le voyait encore assister régulièrement à ses séances et participer à ses travaux.

De l'intérêt qu'il professait pour elle il a plu à son gendre et à sa fille, M. et Mme John Jaffé, de fournir une dernière preuve en instituant un *prix biennal de mille francs* destiné à récompenser le meilleur travail de physiologie publié pendant les deux années et cela sans distinction de nationalité ni de religion.

Cette fondation a déjà porté ses fruits. Le prix a été décerné cinq fois aux lauréats dont les noms suivent : MM. Nolf, Plumier, Falloise et Zunz, Gengou et De Meyer.

Théophile Gluge n'a pas été seulement un membre zélé de notre Compagnie : il fut encore un grand savant. Élève de Jean Müller, de Froriep et d'Ehrenberg à Berlin, de Magendie et de Cruveilhier en France, chargé, dès son arrivée dans notre pays, des cours de physiologie et d'anatomie pathologique à l'Université de Bruxelles, il sut mener à bien malgré les difficultés dont elle fut entourée la publication de cette splendide iconographie, l'*Atlas d'anatomie pathologique,* qui a rendu son nom célèbre.

Aussi, heureuse d'accéder au désir exprimé par sa famille, la Classe des sciences a-t-elle résolu d'adresser — ce que je fais en son nom — au professeur, au savant, au collègue regretté l'hommage de son souvenir. — *Applaudissements.*

RAPPORTS.

La Classe entend la lecture des rapports :

1° De MM. De Heen et Verschaffelt sur les *Gammes musicales anciennes et modernes,* par Frédéric Hesselgren. — Renvoi à l'examen de la Classe des beaux-arts;

2° De M. Neuberg sur la *Surface focale d'une congruence de courbes,* par Lucien Godeaux. — Renvoi à l'auteur pour revision.

Sur les cas d'intégrabilité de l'équation $\frac{d^ny}{dx^n} = x^ny$; par Jean Beaupain, ingénieur en chef des mines.

Rapport de M. de la Vallée Poussin, premier commissaire.

« Ce mémoire important de M. Beaupain apporte un complément très intéressant aux résultats que le savant auteur a fait connaître en 1896 et dont l'Académie a décidé l'impression dans ses *Mémoires*. Ce travail a été publié en 1897 sous le titre : *Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur*. L'équation écrite ci-dessus, qui se rattache à ces fonctions, y est étudiée d'une manière approfondie et par une analyse ingénieuse qui permet à l'auteur de résoudre des questions très compliquées. Il exprime les intégrales de cette équation à l'aide d'intégrales définies complexes et fait connaître des cas d'intégralité sous forme finie. L'auteur reprend les mêmes méthodes dans le mémoire actuel et il en déduit de nouveaux résultats, parmi lesquels nous signalerons comme spécialement intéressants de nouveaux cas d'intégrabilité sous forme finie. Nous proposons l'impression dans les *Mémoires* in-4°. »

M. A. Demoulin se rallie très volontiers, dit-il, aux conclusions du rapport de son savant confrère.

— Adopté.

Les annonces de tempêtes du Service météorologique ; par J. Vincent.

Rapport de M. G. Lecointe, premier commissaire.

« M. Vincent expose d'abord sommairement la méthode qu'il suit pour formuler les avis de mauvais temps lancés à la côte par le Service météorologique de l'Observatoire royal, puis il dresse la statistique des tempêtes observées du 30 septembre 1911 au 30 avril 1912.

Sa méthode est incontestablement empirique; il ne le nie pas, il reconnaît même qu'elle l'a conduit à douze insuccès sur les dix-sept cas qu'il a eus à examiner pendant la période prémentionnée. Il l'adopte uniquement à défaut d'une autre plus précise.

M. Vincent recherche les causes de ses insuccès et signale à ce propos que les tempêtes du 22 octobre et du 5 novembre 1911 ont été de véritables surprises.

Il conclut de son exposé que les indices sur lesquels il fonde ses avis sont les seuls dont il y a lieu de tenir compte et que ceux-ci ne permettent pas d'obtenir des résultats meilleurs que ceux auxquels il arrive.

Nous pensons toutefois qu'une station météorologique de premier ordre, installée au bord de la mer, fournirait des données supplémentaires fort précieuses pour les pronostics dont il s'agit, surtout si celles-ci étaient recueillies par un observateur ayant navigué sur nos côtes, par exemple à bord d'un de nos deux avisos, et ayant pu ainsi se rendre compte par lui-même des circonstances dans lesquelles la navigation est dangereuse pour nos pêcheurs.

Cette réserve étant faite, je propose l'insertion au *Bulletin* de la note (avec neuf cartes) présentée par M. J. Vincent. »

M. P. Stroobant, deuxième commissaire, se joint volontiers au premier commissaire pour proposer l'impression de la note de M. Vincent dans le *Bulletin* de la séance.

M. le Paige, troisième commissaire, se rallie aux rapports des honorables premiers commissaires.

— Adopté.

—

Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu; par A. Boutaric.

Rapport de M. A. de Hemptinne, premier commissaire.

« Les mesures sont basées sur la comparaison de l'intensité lumineuse de deux images.

L'auteur démontre que si l'on admet, avec Mascart, $^1/_{200}$ pour la limite de sensibilité de l'œil, ou, avec Bonguer, $^1/_{60}$, le degré d'exactitude n'atteint pas la quatrième décimale; il est donc inutile de donner un chiffre, comme le font certains auteurs.

Nous proposons l'insertion de la note dans le *Bulletin.* »

M. J.-E. Verschaffelt, second commissaire, souscrit volontiers aux conclusions du savant premier commissaire.

— Adopté.

Étude graphique des surfaces capillaires (2e communication); par Ch. Nicaise.

Rapport de M. J.-E. Verschaffelt.

« L'auteur applique à une série de surfaces capillaires, fixées par la photographie, le procédé d'examen graphique qui a été exposé dans la première note sur le même sujet. Il a déterminé ainsi, pour une série de mélanges de benzène et de nitrobenzène, la valeur de l'énergie superficielle au contact de l'eau.

Les valeurs qu'il a ainsi obtenues pour l'énergie superficielle ne doivent pas encore être considérées comme des données expérimentales définitives, parce que ces valeurs paraissent dépendre à un haut degré de circonstances encore imparfaitement connues, par exemple la durée du contact des deux fluides. De nouvelles recherches devront fournir de plus amples renseignements à ce sujet.

Je crois que la note de M. Nicaise prouve suffisamment que la méthode d'analyse graphique des surfaces capillaires peut être comptée parmi les méthodes pratiques de détermination des constantes capillaires.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette note dans le *Bulletin*. »

— Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

MATHÉMATIQUE DE LA BIBLE. — **Note au sujet de la présentation d'un ouvrage sur les nombres de la Bible** (1),

par CHARLES LAGRANGE, membre de l'Académie.

I. — Je désire préciser en quelques mots la nature et l'objet de ce nouveau travail.

1° Constatons-le tout d'abord : il s'agit ici d'un ordre scientifique externe, c'est-à-dire que ni l'argument ni l'argumentation de ce livre ne sont de nature philosophique ou religieuse; il a pour matière les *Nombres* qui constituent l'armature externe de la Bible.

2° D'ailleurs, second point sur lequel il importe d'appuyer, on aurait tort d'y voir une simple spéculation curieuse d'arithmétique, sans lien avec l'ordonnance générale, rationnelle et progressive de la connaissance actuelle. Il constitue tout au contraire une contribution nécessaire pour l'une des branches définies des sciences de la Terre et de l'homme.

---

(1) *Leçons sur la Parole de Dieu,* précédées d'une lettre à S. M. Albert, Roi des Belges (Leçons I-XII). Bruxelles, 1912.

II. — L'enchaînement de ces sciences est connu et ses termes caractéristiques sont évidents, savoir : l'astronomie, qui, par les mouvements du globe, assigne des conditions de temps, mesure des périodes régulatrices aux forces physiques qui le travaillent; la météorologie, la géologie, qui, par l'étude ou de la couche gazeuse qui l'entoure ou de son écorce solide, constituent des sciences de volume; et, entre ces deux, la géodésie, la géographie, qui s'adressent respectivement à la détermination de la surface idéale et de la surface concrète du sphéroïde.

Dans cet ordre se présente ensuite l'histoire naturelle où, par la répartition géographique du monde organique, interviennent les éléments géométriques et physiques propres à la Terre, et dont fait partie, à son stage le plus élevé, le développement du règne humain lui-même. Des conditions définies d'espace et de temps servent donc forcément, et en fait, de cadre à l'histoire; ces éléments externes et concrets y ont donné lieu de nos jours, comme par un prolongement de l'histoire naturelle, à la physique sociale et à la sociologie.

Il existe donc un point de vue géométrique extérieur concernant l'existence et le développement de l'humanité à la surface du globe; et dès lors ce développement, défini par des données d'espace et de temps, géographie et chronologie, constitue, sans objection possible, un objet d'étude positif, indépendant de toutes considérations relatives à la nature interne et morale de l'être humain.

III. — Aussi, dès qu'un nombre suffisant de siècles écoulés et connus a rendu ici possible une vue d'ensemble, des essais d'établissement de lois régulatrices externes se sont fait jour; et ces essais ont été concomitants de la naissance et du développement des autres branches de la science actuelle du monde physique. Il suffirait de rappeler à cet égard, dès le XVII^e siècle, les époques de Bossuet et de Vico, qui sont des tentatives de systématisation de l'histoire générale; au XVIII^e siècle, les vues de Herder, qui fait intervenir les éléments géographiques; de nos jours, la physique sociale de Quetelet, qui introduit résolument la mesure numérique dans l'évaluation des facteurs sociaux; et enfin, ayant tout le caractère d'un de ces termes définitifs qui, à la manière des lois de Képler et de Newton dans un autre ordre, en serrant le sujet s'imposent par leur clarté, la loi de Brück sur la succession des peuples-chefs par ondulation quinquaséculaire (1).

C'est à cet objet d'étude scientifique, objet qu'on peut définir en terme caractéristique : *les lois de l'histoire*, objet non seulement existant aujourd'hui, mais qui, on vient de le voir, a été amené par la nécessité et l'ordre logique de la connaissance, que le présent ouvrage apporte une contribution.

IV. — La Bible, prise telle quelle et considérée dans ses éléments externes, constitue un traité d'histoire générale, une conception systématique du développement de l'humanité. Notre travail est, dans ce point de vue, l'analyse critique externe de ce document.

Les données externes sont d'ailleurs immédiatement fournies par le document lui-même sous la forme type la plus concrète, savoir : celle du *Nombre*. La Bible, en effet, non seulement par sa construction en parties, par sa chronologie suivie, mais encore par les nombres dont, pour ainsi dire, toutes ses pages sont remplies, est essentiellement et avant tout un livre mathématique.

Toutes ces données numériques qu'elle manifeste, nous nous sommes demandé si elles sont accidentelles, c'est-à-dire ne signifient rien, ou si, au contraire, elles ne présenteraient pas un caractère systématique.

---

(1) Comme je l'ai dit depuis longtemps, cette loi introduite dans nos écoles ferait en quelques traits retrouver aux élèves toute l'histoire générale. Le rythme quinquaséculaire se découvre à première vue. En dépit de toutes les arguties de second ordre, on ne pourra jamais empêcher, par exemple, que du siècle de Périclès à l'Age d'or de l'Empire romain il y ait cinq siècles; deux fois cinq siècles, de cet Age d'or à la puissance temporelle de la papauté, et trois fois cinq siècles de ce même Age au siècle de Louis XIV; qu'il y ait deux fois cinq siècles de la fondation de Rome à Constantin; cinq siècles de Constantin à Charlemagne; deux fois cinq siècles de Charlemagne à Napoléon, etc.

Marchant du général au particulier, embrassant d'abord les traits de premier ordre, puis passant, de conséquences en conséquences toujours vérifiées, aux traits de second ordre, etc., nous avons reconnu que ces nombres forment en effet un ensemble systématique; bien plus, que cet ensemble met en œuvre les nombres régulateurs fondamentaux des lois de la grandeur abstraite et ceux des lois astronomiques. La seule explication possible d'un semblable fait est que la Bible est un document inspiré.

V. — Une des caractéristiques les plus remarquables de ce système biblique, c'est la détermination numérique précise et la mise en œuvre par les écrivains hébreux, dont les vues, on le sait, s'occupent beaucoup de la succession des peuples et de l'histoire générale, de la période quinquaséculaire de la loi de Brück. Le *temps* de cinq cent seize ans de Daniel n'est autre chose que la période de cinq cent seize ans de Brück.

Le caractère mathématique s'étend d'ailleurs dans la construction de la Bible jusqu'aux moindres détails. Le fait suivant, mieux que tout autre, justifie cette affirmation. On sait qu'en hébreu et en grec, les deux langues dans lesquelles est écrite la Bible (respectivement pour l'Ancien et pour le Nouveau Testament), les lettres de l'alphabet servent de chiffres; de telle sorte que la Bible, pour le lecteur qui l'ouvre, est aussi bien un livre écrit en nombres qu'un livre écrit en lettres. Ces nombres écrits et qui font la texture du livre, on est, dans l'espèce du sujet, invité à les compter. Or, il se trouve que tous ces nombres, c'est-à-dire ici toutes les lettres du livre, appartiennent à un système mathématique déterminé, et que, par conséquent, l'inspiration existe jusque dans les détails ultimes de la construction des Écritures. Un exemple frappant est celui des mots célèbres et universellement connus du « Mané, Thécel, Pharès », écrits sur la muraille du palais de Nébucadnetzar, et dont la valeur numérique (il est question dans le texte de la succession des peuples) reproduit exactement les périodes quinquaséculaires de la Bible que l'on avait antérieurement reconnu être déduites par elle de la construction du nombre π suivant la formule de Leibniz.

VI. — Tout ceci, question de fait externe, nous transporte sans nul doute dans l'ordre surnaturel et miraculeux. Mais bien loin qu'il faille en atténuer le caractère, désastreux aux yeux des errements courants de notre époque, il convient au contraire d'y appuyer, précisément dans la mesure où cela est antipathique à l'état d'esprit créé par notre éducation intellectuelle.

Tous les miracles de l'Ancien et du Nouveau Testament doivent, par ces preuves nouvelles et tout à fait insoupçonnées, être reconnus vrais. L'un de ceux qui est la dérision et pour ainsi dire aujourd'hui le scandale de l'Écriture, savoir le recul ou retard d'un jour, de Josué, est par elles prouvé miracle réel; et ce fait occupe d'ailleurs dans toute l'économie mosaïque et chrétienne, démontrée maintenant systématique, une place de premier ordre, avec un sens profond. Cela est scientifiquement impossible à récuser. Qu'on explique entre autres, si l'on peut, autrement que par une intervention surnaturelle, le fait que dans la chronologie littérale de la Bible, il y a, de la mort de Josué à l'ère chrétienne ou à la naissance de Jésus-Christ, un espace égal à une période sothiaque, soit à $4 \times 365\ {}^1/_4$, ou quatre fois l'année solaire; et que si l'on prend pour ère l'origine de la période sothiaque de 4×365 qui se termine à la mort, 34, de Jésus-Christ, la valeur numérique (12304) des trois fameux versets (Jos. X, 12-14) sur l'arrêt du Soleil est égale à la date ($43 = {}^{516}/_{12}$) de la bataille de Gabaon (1469) par rapport à cette ère, plus $33\ {}^1/_2 \times 366$ ($33\ {}^1/_2 =$ âge du

Christ, à sa mort [Daniel]). Le dernier nombre 366 est le signe de l'augmentation de un jour (¹).

Il convient de faire la même observation au sujet des trois jours de Jonas (²), autre scandale biblique. Tout cela doit

---

(¹) Le sens profond annoncé plus haut, de ce signe de Josué, c'est qu'à raison de la Chute le « Jour » actuel ou l'économie actuelle de l'humanité, lequel devait être un jour de repos, est encore jour de travail, le repos étant différé et reculé de « 1 jour », comme fait notre dimanche par rapport au samedi ou Sabbat, — ce qui est un signe aussi toujours présent de la même dispensation; et ce qui vérifie ceci par un autre trait tout aussi extraordinaire et surnaturel, c'est que le verset non moins célèbre et qui est comme la substance et le résumé de tout le mystère chrétien, savoir (Jean III, 16) : « Car Dieu a tellement aimé le monde qu'il a donné son fils unique, afin que quiconque croit en lui ne périsse point, mais qu'il ait la vie éternelle », a pour valeur numérique, en rapport évident avec le signe de Josué,

$$(\text{Jean III, 16}) = 14650 = 40 \times 366\ {}^{1}/_{4}.$$

Essaie qui voudra, après cela, de nier que la Bible est inspirée jusque dans l'écriture de chacune des lettres de ses mots.

(²) Qu'on explique en effet aussi, si l'on peut, les faits suivants :

Le verset de Jonas relatif aux trois jours est (Jonas II, 1) : « Et l'Éternel prépara un grand poisson pour engloutir Jonas, et Jonas fut dans le ventre du poisson trois jours et trois nuits. » Ce verset a pour valeur numérique

$$(\text{Jonas II, 1}) = 2874.$$

Le verset de l'Évangile ou les paroles de Jésus, sur les trois jours, est (Matt., XII, 40) : « Car comme Jonas fut dans le ventre d'un grand poisson trois jours et trois nuits, ainsi le Fils de l'Homme sera dans le sein de la Terre trois jours et trois nuits. » Ce verset a pour valeur numérique

$$(\text{Matt. XII, 40}) = 16386.$$

D'autre part, Jésus est désigné dans la Bible :

1° Par la valeur numérique de son nom ou (Jésus) = 888;

2° Comme la seconde personne, 70, du nombre trinitaire divin, 777;

3° Comme témoin et martyr de Dieu, mis à mort, par le nom (Antipas) = 642. (*Antipas* signifie *opposé à chacun;* Apoc. II, 13.)

Or, cela étant, on a :

$$(\text{Jonas II, 1}) = 2874 = 3 \times 70 + 3 \times 888;$$

et, ce qui montre les deux versets procédant de la même inspiration :

$$(\text{Jonas II, 1}) + (\text{Matt. XII, 40}) = 19260 = 30 \times 642.$$

d'autant plus donner à réfléchir que Jésus-Christ lui-même, d'ailleurs centre de tout ce système mathématique, a rendu solennellement témoignage à la réalité de semblables faits, et qu'un des traits les plus remarquables de son enseignement, trait qui montre à quel point il connaissait les hommes, a été qu'on aurait honte de lui et de ses paroles. Or nous constatons, par ces faits externes, qu'il importe aujourd'hui de n'avoir honte de ces paroles-là, pas plus au point de vue scientifique qu'à n'importe quel autre point de vue.

Si l'on introduit les données de temps, explicitement mentionnées par le texte, soit, pour le verset de Jonas, les deux nombres *3*, on obtient

$$(\text{Jonas II, 1}) + 3 + 3 = 2874 + 3 + 3 = 2880 = 20 \times 144 = 20 \times 12 \times 12,$$

nombre significatif qui, dans l'espèce, est déjà en lui-même une vérification du caractère intentionnel. Mais il y a beaucoup plus, car on a aussi par là

$$(\text{Jonas II, 1}) + 3 + 3 = 2880 = 3 \times (888 + 3 \times 24) = 3 \times (\text{Jésus} + 3 \times 24),$$

ce qui met clairement en évidence, dans le verset de Jonas, Jésus et les trois jours de vingt-quatre heures dont lui-même parle en Matt. XII, 40.

Enfin les valeurs des deux versets sont, l'une et l'autre, en rapport systématique étroit avec la chronologie de la Bible. Elles s'écrivent :

$$(\text{Jonas II, 1}) = 2000 + 874$$
$$(\text{Matt. XII, 40}) = 7 \times 2000 + 2386.$$

Or de la mort 34 de Jésus à la première année de Jéroboam II, $840 = 12 \times 70$, époque de Jonas, il y a

$$34 + 840 = 874;$$

et de la naissance de Jésus jusqu'à la fin 2386 de l'échelle chronologique du système de la Bible, il y a

$$2386.$$

Le sens profond du signe de Jonas c'est donc celui de l'ensevelissement du fils de Dieu dans le monde (dans la bête de la mer des peuples, de Apoc. XIII); et la figuration des trois jours est d'autant plus frappante que les limites de l'échelle chronologique de la Bible étant -4184 et $+2386$, et le Christ étant appelé par elle le « Soleil de Justice », on a, pour toute l'étendue des temps historiques qu'elle considère,

$$4184 + 2386 = 3 \times 6 \times 365.$$

VII. — Tout l'ensemble des faits externes que mentionne l'ouvrage actuel démontre donc qu'il y a un ordre surnaturel, et que cet ordre est celui du surnaturel chrétien. Convient-il maintenant de faire remarquer que ceci, quelque contradiction qu'il puisse rencontrer dans les habitudes actuelles de l'esprit scientifique, n'est en réalité nullement en désaccord de principe avec ce qui devrait pour la science positive constituer sa conception de l'univers, si elle pesait bien les données de l'observation?

On peut résumer, en effet, les vues de principe d'après lesquelles actuellement se classent les tendances, sous les deux termes suivants, savoir :

a) L'univers est un mécanisme, une horloge, où tout est déterminé et calculable ;

b) L'univers est un système mathématique troublé par l'action de forces de nature non réductible à la forme mathématique, telles, dans notre ordre humain, nos volontés.

Or, c'est incontestablement ce second point de vue qui, d'après ce que nous connaissons aujourd'hui, est seul positif, c'est-à-dire acceptable pour la science positive. Le premier n'est en réalité qu'une hypothèse sans aucun fondement, et continuellement démentie par l'observation. En astronomie, par exemple, on peut affirmer, si l'on se place au point de vue non quantitatif mais qualitatif, qui est ici le vrai, qu'aucun mouvement des astres n'est calculable. Le travail de l'humanité à la surface du globe, en en modifiant les moments d'inertie, fait varier la précession de l'axe du monde, et, par la loi de Newton, le geste que je fais, en obéissant à ma pensée, déplace toutes les étoiles du ciel.

Ainsi c'est l'ordre surnaturel, le Miracle, et non l'ordre mathématique naturel, lequel n'existe pas, qui est seul, pour la science positive, d'accord avec la réalité physique; et l'antagonisme de ce qu'on appelle la science contre la notion de miracle ne repose que sur un préjugé fort mal averti.

VIII. — Ceci concerne la portée de l'ordre des faits démontrés dans cet ouvrage, au point de vue des conceptions de principe de la science. Une autre face de son enseignement est plus importante encore à considérer et tient de plus près à la matière pratique de son sujet. Elle concerne la possibilité d'une appréciation scientifique du poids et du sens des événements mêmes de l'histoire, par une méthode mathématique.

Il est évident, en effet, que si l'histoire a pour armature un système de nombres régulateurs, si sa chronologie est soumise à des périodes, de lois déterminées, le système de ses événements propres devient lui-même une fonction déterminée du temps. Considérée dans les événements concrets qui occupent les historiens proprement dits, l'histoire prend dès lors rang dans l'ordre des sciences mathématiques; elle y constitue un terme de la synthèse unique vers laquelle la notion de plus en plus vérifiée du déterminisme (1) tend aujourd'hui à faire entrer toutes les branches de la connaissance.

Si la suite des faits historiques est à la surface de la Terre, ainsi qu'on vient de le dire, une fonction déterminée du temps, ces faits occupant chacun une place dans un système prédéterminé, soutenant par conséquent aussi relativement les uns aux autres des relations de cause à effet et concourant à la réalisation d'un plan connu, l'appréciation qu'il en faut porter quant à leur signification et à leur poids ne dépend plus des éléments flottants constitués par les préférences d'esprit et les tendances personnelles des hommes qui les envisagent. Cette appréciation sera dictée et s'imposera naturellement, comme dans les autres sciences, par la seule puissance d'une vérité extérieure, indifférente aux hypothèses qui nous plaisent ou nous déplaisent, et qui nous portent à défendre telle ou telle manière de voir.

C'est dans ce point de vue externe et indépendant qu'il faut envisager maintenant l'enseignement du document biblique.

---

(1) La notion du déterminisme est d'ailleurs bien plus générale et plus profonde que celle du simple déterminisme mathématique.

IX. — Il fait tout d'abord le départ entre deux vues, l'une très vague, l'autre très précise, où se partagent aujourd'hui les esprits quant à ce qu'il faut penser de l'évolution du règne humain à la surface de la Terre. L'une en perd les origines et la fin dans des siècles sans nombre, et, par une conséquence naturelle de cette vue des temps indéfinis, accorde au fond peu d'importance réelle ou une importance purement transitoire aux faits accomplis ou actuels de notre courte histoire classique; sa préoccupation est sollicitée par la poursuite d'un idéal humanitaire, d'une vérité dont les éléments n'auront plus rien de commun avec ce qu'elle est convenue d'appeler les erreurs ou les superstitions du passé. Pour l'autre, au contraire, l'évolution de l'humanité occupe un espace de temps fini et bien déterminé, et, dès aujourd'hui, les événements classiques et connus de sa brève histoire constituent les éléments fondamentaux et définitifs de tout le drame humain.

C'est ce second point de vue, celui du cadre étroit et de l'importance actuelle des faits, point de vue qui, en tout état de cause, a le mérite d'être fort clair, qui est la caractéristique de l'enseignement biblique. Et on y trouve d'emblée un exemple de la manière dont l'introduction des éléments de mesure concrets peut, dans un semblable dilemme, servir à faire mathématiquement un choix.

L'élément de sélection qui, dans l'espèce, ici se présente, est la loi d'accroissement de la population, conditionnée dans ses effets par l'étendue finie et constante de la Terre. L'époque du Déluge est, d'après la Bible, 2528; or, le calcul montre que les huit personnes qu'elle déclare seules subsistantes à cette époque sur le globe donnent, au taux moyen de l'accroissement de population établi de nos jours par la statistique, le milliard et demi d'êtres humains qui effectivement maintenant y existe; et que le maximum possible de densité de la population sera atteint à une limite que, d'autre part, les nombres de la Bible assignent, dans quelques siècles, à l'Économie historique.

Qu'un souvenir personnel, en rappelant une mémoire chère à l'Académie, me soit ici permis. L'idée précédente et les résultats numériques auxquels j'étais parvenu à son sujet dans un ouvrage antérieur, la *Concordance*, édition anglaise 1894, avaient vivement frappé notre regretté confrère le général Brialmont; ils ont donné lieu au travail personnel que lui-même a entrepris sur la question et qui a fait l'objet de sa communication sur la population du globe et son accroissement dans l'avenir, lue en séance publique de la Classe des sciences, décembre 1896. Or, les conclusions de notre illustre et regretté confrère ont entièrement confirmé les miennes, lesquelles n'étaient autres que celles de la Bible.

X. — D'accord avec ce premier trait d'ensemble, tous les éléments mathématiques qui, d'après la Bible, limitent, enserrent et mesurent la vie de l'humanité, sont simples et concrets.

C'est 1° chronologiquement : dans l'étendue du temps un espace limité ayant pour repères : Adam (4184), le Déluge (2528), l'ère chrétienne ou la première venue du Messie, sa seconde venue (2180) et la fin (2386) de l'échelle chronologique finie qui, pour elle, mesure toute l'économie de l'histoire et limite les temps actuels; 2° géographiquement : sur la Terre, de la Chaldée aux Iles Britanniques, des Noachides aux Anglo-Saxons, des temps du Déluge à ceux de la fin, la suite de dix peuples-chefs, détenant chacun pendant une période quinquaséculaire le sceptre du monde et servant de repères au mouvement qui, de l'est à l'ouest, entraîne le centre de civilisation. Cet espace géographique d'environ 42° où devait historiquement paraître et s'exercer l'influence de la Bible, pour rayonner ensuite de là sur le monde, espace qu'on peut appeler le foyer de l'histoire, est — qu'on le remarque (car c'est un trait mathématique essentiel et de premier ordre qui vérifie le rôle primordial assigné déjà à la Bible par des caractères scientifiques antérieurs) — au centre de tout le système quadrangulaire du relief de la Terre (loi quadrangulaire).

XI. — Il résulte immédiatement de ces deux ordres, chronologique et géographique, du système, que la fonction du temps qui définit les événements historiques, fonction qui n'est autre que la chronologie de la Bible, est aussi écrite cinématiquement sur la surface de la Terre par la distribution géographique progressive du mouvement civilisateur. Or, à cet égard, de même que l'analyse du système des *Nombres* avait démontré le caractère déterminé et intentionnel des moindres détails du Livre, de même, sur la Terre, celle du *Canevas géométrique* où se dessinerait pour un observateur extérieur le développement de l'histoire générale, découvre un objet prévu jusque dans ses moindres détails et réglé d'une manière voulue et prédéterminée. C'est ainsi que les centres d'action nommés capitales, tels Jérusalem, Rome, Londres, Saint-Pétersbourg, Madrid, Constantinople, etc., loin de présenter une distribution accidentelle, ont, au contraire, leurs coordonnées assignées sur le sphéroïde par un plan géométrique unique et voulu que la Bible définissait.

Redisons-le : le phénomène historique devient un fait déterminé de cinématique, réglé sur une fonction du temps qui est la chronologie littérale de la Bible.

XII. — Toute l'histoire étant ainsi enserrée par la mathématique biblique dans une formule bien déterminée, qui repère les institutions par le temps et le lieu, il est évident que les commentaires dont, par son texte, la Bible accompagne en outre tous les progrès de cette combinaison, font de l'histoire, celle des historiens proprement dits, une science externe, indépendante des incertitudes de l'interprétation humaine.

D'ailleurs, objet important et nouvelle preuve, le plan de l'histoire enseigné par la Bible, et dont le canevas précédent identifie, précise et mesure ainsi les éléments externes, est celui-là même que l'histoire générale classique présenterait à l'observateur extérieur qui, indifférent au caractère interne des faits, assisterait à leur enchaînement.

Sans parler de l'antiquité, le tracé qu'elle établit depuis l'ère chrétienne ou entre les deux Venues, est cette succession de phases quinquaséculaires qui jalonnent tout le Moyen Age et les temps modernes, et dont les deux époques fondamentales de Bossuet, savoir celles de Constantin et de Charlemagne (XI^e^ et XII^e^ époques de Bossuet) repèrent, comme un chaînon de base, l'édifice intégral.

Dans cet édifice, pour la Bible comme pour l'histoire classique, l'objet capital est le mouvement d'idées, ayant pour témoins spécifiques Wiclef, Jean Huss, Luther, Calvin, qui, deux périodes de cinq siècles après Constantin, a commencé à diviser l'Europe (et par suite le monde), opposant le Nord au Midi, les Germains et les Anglo-Saxons au monde latin, mouvement dont, à prendre la question de fait, la Bible elle-même, elle-même le déclare, a été l'enjeu et la cause, — justifiant une autre de ses prévisions profondes, savoir qu'elle viendrait apporter sur la Terre non la paix, mais la division.

L'ordonnance mathématique du rythme chronologique sur lequel est réglé cet objet historique fondamental est trop remarquable pour ne pas être citée avec un peu plus de détail, et cela tant pour elle-même que parce qu'à elle seule elle serait la justification entière de la thèse du déterminisme biblique que nous exposons et de sa concordance avec l'histoire. Il est d'ailleurs entendu que les événements sont ici considérés et cités dans leur caractère purement externe et comme repères désignatifs des points déterminants du diagramme régulateur dont il s'agit. Ils appartiennent à des temps révolus et sont dès à présent le patrimoine de la science.

La Rome antique, de Romulus à Constantin, avait vécu deux périodes ou deux fois cinq siècles; elle se transforme ensuite en Bas-Empire (Empire d'Orient); celui-ci commence avec Constantin et finit deux fois cinq siècles plus tard pour faire place à la domination turque (Andrinople, capitale des Sultans en 1360). C'est à ce point de repère fondamental de la séparation des deux Empires, point déjà ainsi nettement marqué dans un ordre quinquaséculaire, que se repère aussi le chaînon quinquaséculaire Constantin-Charlemagne des deux époques de Bossuet, savoir : celles de Constantin et de Sylvestre I^{er}, de Charlemagne et de Léon III : la première, qui assied et constitue; la seconde, qui, d'après Bossuet, fonde définitivement la puissance du Saint-Siège. Au premier point de repère de Bossuet (Constantin) se dessinent aussi : d'une part, la constitution du patriarchat grec; d'autre part (avec Léon, confrère de Sylvestre I^{er}), la séparation des Vaudois, premiers précurseurs de la Réforme.

Il suffit de continuer la chaîne quinquaséculaire pour retrouver ensuite tous les grands traits saillants de l'histoire moderne.

La période de cinq siècles après Charlemagne conduit à l'époque mémorable et assez connue du XIV^{e} siècle (première chute du pouvoir temporel, les papes à Avignon, Rienzi, Philippe le Bel, Wiclef, naissance de la Réforme) ; et les cinq siècles suivants, qui comprennent les luttes desquelles sont sorties la science et la civilisation modernes, sont repérés à leur limite par la date fatidique 1870, qui a changé la face de l'Europe (Impérialisme britannique, Empire allemand, fin de la période française, seconde chute du pouvoir temporel); de telle sorte, pour fixer les idées par l'axe directeur du mouvement d'après le plan biblique (lequel fait aussi d'ailleurs de Rome un centre évident du canevas géodésique de l'histoire), que de Constantin qui abandonne Rome à Sylvestre I^{er}, à Pie IX qui la restitue au Roi d'Italie, il y a quinze siècles, jalonnés, à cinq cents ans de distance, par Charlemagne et par Philippe le Bel.

XIII. — Ce sont là des traits lumineux, et l'ondulation rythmique quinquaséculaire, qui se prolonge aussi bien en remontant toute l'antiquité dans le passé, est évidente; comme je l'ai dit et imprimé depuis vingt et trente ans, même à les prendre comme simple moyen mnémotechnique et en dehors de toute conception théorique quant au fond, ils devraient être introduits, dans nos écoles, pour l'enseignement de l'histoire; car en quelques mots ils feraient retrouver aux élèves toute la chronologie.

Ces traits, fait externe, on pourra chercher à les interpréter de diverses manières quant à leur portée didactique interne; mais ils subsisteront toujours en eux-mêmes sans qu'on y puisse rien changer.

Notre objet se borne et doit se borner ici à les signaler comme tels. Leur interprétation spirituelle est une matière qui n'appartient pas au cadre de cette note, et, dans l'ouvrage lui-même que cette note présente, cette interprétation n'appartenait pas à l'auteur. Elle n'appartenait qu'au document qui, par définition, est ici son autorité et il n'a fait que la transcrire avec l'exactitude respectueuse que commande un pareil document dans un pareil sujet.

XIV. — Nous croyons avoir établi que ni au point de vue des conceptions de principe de la science, ni à celui de l'intérêt qu'une matière à la fois vieille et nouvelle présente quand elle vient se rattacher par un lien logique à l'ordre rationnel de la connaissance, notre travail ne mérite de se voir refuser tout au moins le droit à un examen réfléchi. C'est le caractère étroit et concret des données numériques que présente la Bible, c'est le fait que ces données participent de l'opposition que, pour divers motifs, rencontre la Bible elle-même, qui élève contre leur admission à cet examen un obstacle dont nous sommes aussi bien, et peut-être mieux que personne, en état de mesurer la réalité et la puissance.

Au reste, nous dirons en terminant que ces données et nos résultats ont subi une vérification dans l'examen qu'en ont fait plusieurs hommes rompus par leur éducation intellectuelle à la discussion scientifique; ils en ont reconnu la parfaite validité. Le capitaine commandant d'État-major E. Galet, professeur à l'École de guerre, a notamment, à ma demande, rédigé une note jointe à ma XI^{e} Leçon, dans laquelle est exposée une formule extrêmement remarquable, découverte par lui-même, et qui synthétise, de leur commencement à leur fin, tous les temps de la chronologie, antérieurement établie, de la Bible.

En résumé, il s'agit donc en tout ceci d'un fait externe indépendant, fait qui subsiste en dehors de toute opinion particulière, et qu'on peut enseigner comme je l'ai fait dans des conférences-leçons publiques en 1910 et 1911, non par des considérations philosophiques, lesquelles, on le sait, ne convainquent personne, mais au tableau noir et à la craie, d'une manière qui se passe d'autres défenseurs.

Or ce fait, je n'en doute pas, est digne d'attirer l'attention de l'Académie, et c'est ce qui m'autorise à le lui signaler avec insistance, comme à tous ceux qui pensent, sagement, que nous ne savons pas tout.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — **Étude graphique des surfaces capillaires** (deuxième communication) (*),

par CH. NICAISE.

Nous avons montré dans une note précédente qu'il est possible de déduire la tension superficielle au contact de deux fluides de la forme que prend la surface de contact dans le champ de la pesanteur. Nous nous sommes proposé de mesurer de cette façon la tension superficielle d'une série de mélanges de benzène et de nitrobenzène en contact avec l'eau.

A cet effet, nous avons pris un tube bien circulaire de $3^{cm}10$ de diamètre intérieur; nous l'avons parfaitement nettoyé au moyen d'une solution chaude de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. Nous y avons ensuite versé de l'eau distillée, qui le mouillait parfaitement. Au-dessus de l'eau, nous avons versé du benzène auquel, goutte à goutte, nous avons ajouté du nitrobenzène, en remuant chaque fois le mélange pour le rendre bien

---

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1912, n° 4, p. 192.

homogène. Le ménisque, d'abord aplati, s'allongeait peu à peu, passait par la forme sphérique lorsque la densité du mélange était égale à celle de l'eau, s'allongeait encore en prenant la forme d'une goutte suspendue, qui finalement s'étranglait, et le liquide supérieur tombait alors au fond du tube.

Nous avons fixé par la photographie quelques-unes des phases du phénomène et, pour un certain nombre d'entre elles, nous avons prélevé un peu du mélange pour en mesurer la densité à l'aide d'un pyknomètre d'Ostwald. En opérant de cette façon, nous avons obtenu une série de onze photos, dont quelques-unes ont servi aux mesures. Dans le tableau suivant, nous indiquons leur numéro d'ordre, la densité μ_1 du mélange et la différence de densité avec celle de l'eau ($\mu_2 = 0,9990$ à 16° C., température du laboratoire).

Nos.	μ_1.	$\mu_1 - \mu_2$.
1 (C^6H^6 pur)	0,8801	-0,1189
2 (3 °/₀ de nitrobenzène)	0,8889	-0,1101
3 (6 °/₀ »)	0,8983	-0,1007
4 (28 °/₀ »)	0,9701	-0,0289
5 (34 °/₀ »)	0.9907	-0.0083
6 (38 °/₀ »)	1,0029	+0,0039
7 (38 °/₀ »)	1,0047	0.0057
8 (42 °/₀ »)	1,0160	0,0170

On trouve ci-joint (fig. 1 et 2) les reproductions des épreuves n^os^ 4 et 8 aux deux tiers environ de la véritable grandeur. La figure 2 (n° 8) représente une goutte dont la chute a été arrêtée et qui repose sur le fond du tube.

Nous sommes parvenu à obtenir des gouttes suspendues plus allongées que celles du n° 7 en préparant préalablement le mélange dans un flacon et en le déposant avec précaution, goutte à goutte, sur l'eau au moyen d'un tube effilé. Ces gouttes ne sont plus en contact avec la paroi du tube, mais pendent à la surface de l'eau. Nous en avons obtenu deux

N° 9 (42 °/₀ de nitrobenzène) $\mu_1 = 1,0162$ $\mu_1 - \mu_2 = 0,0172$
N° 10 (49 °/₀ ») » 1,0405 » 0.0415

CH. NICAISE, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nº 7. 1912.

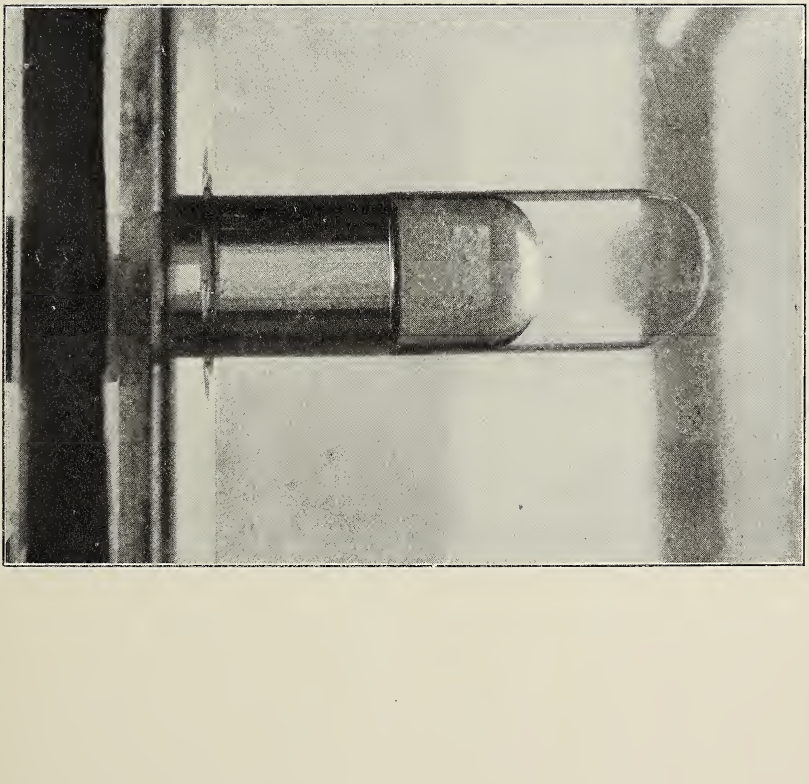


FIG. 1

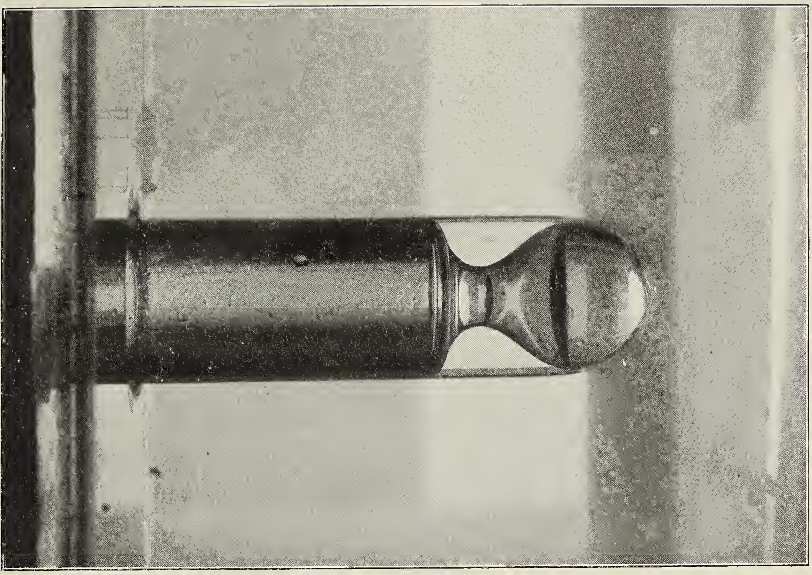


FIG. 2

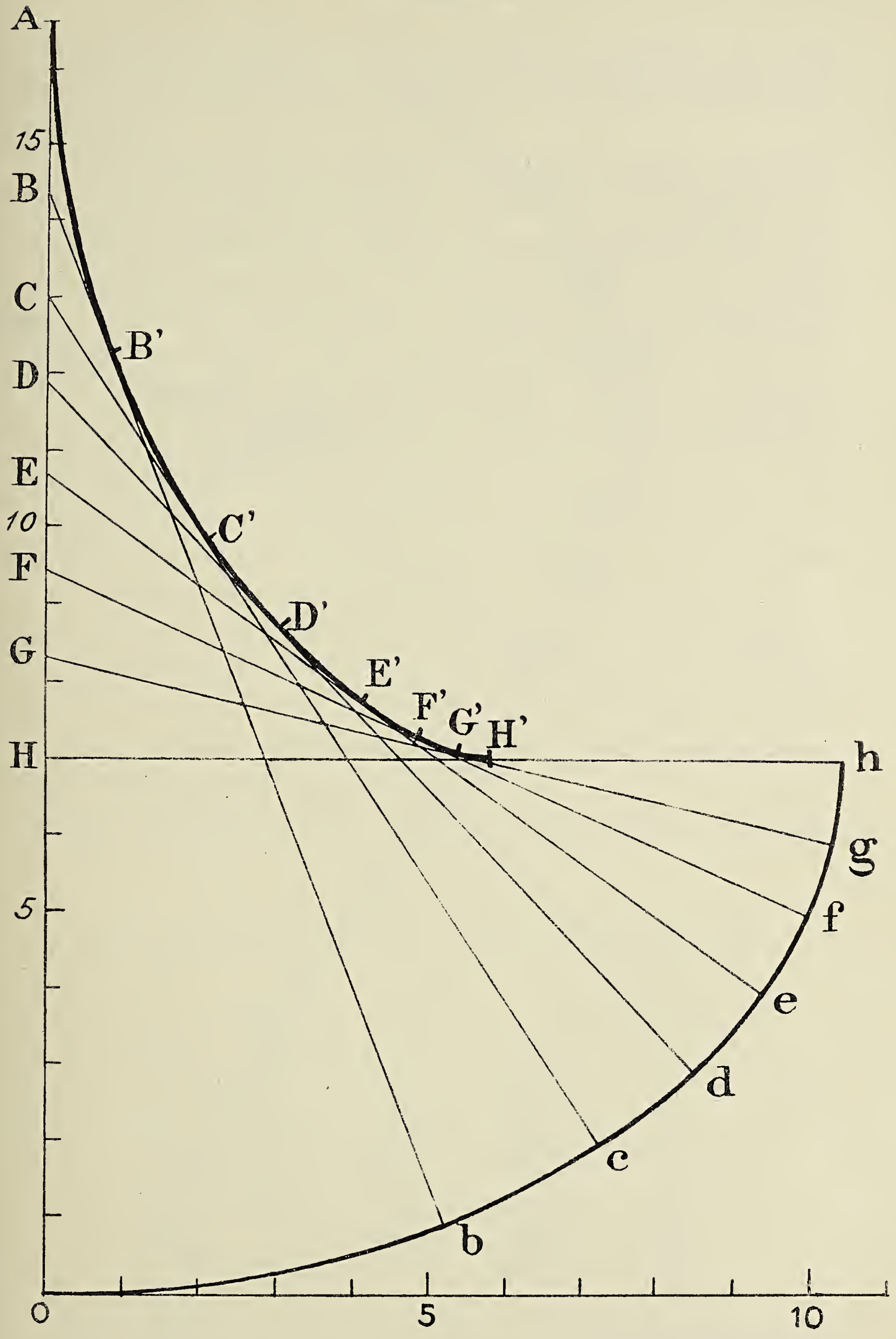
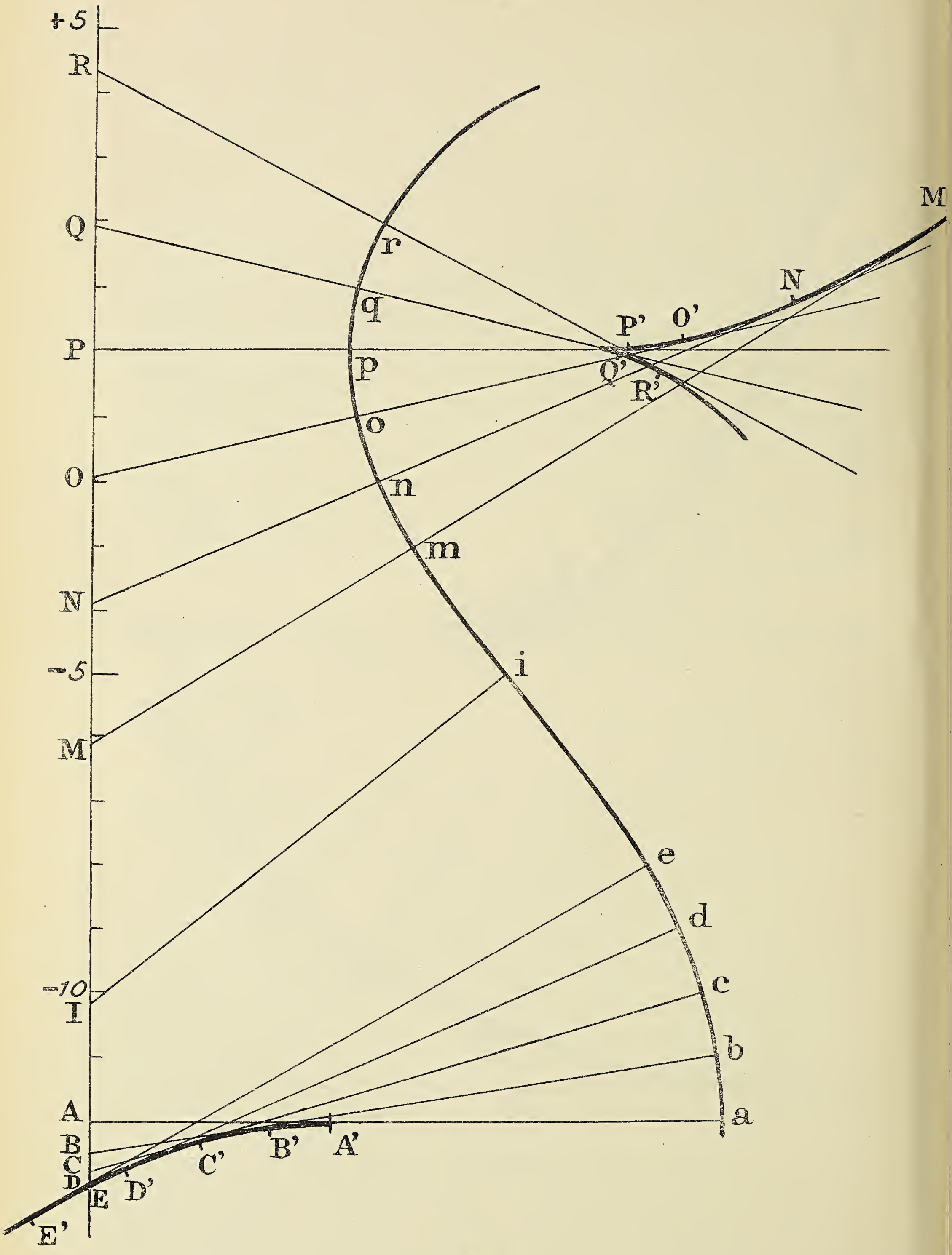

A
15
B
C
B'
D
E
10
C'
F
D'
G
E'
F'
G'
H'
H
h
g
f
5
e
d
c
b
O
5
10

Fig. 3.



+5
R
Q
P
O
N
−5
M
−10
I
A
B
C
D
E
E'
D'
C'
B'
A'
a
b
c
d
e
i
m
n
o
p
q
r
P'
O'
Q'
R'
N
M

Fig. 4.

La dernière épreuve a été faite avec un liquide de même densité que celui dont le ménisque a été étudié dans la note précédente.

Les ménisques ont été étudiés de la façon exposée dans cette note, par une méthode graphique. Des reproductions agrandies des courbes méridiennes étaient soigneusement découpées, puis recopiées sur papier calque. En pliant ce papier, il était aisé de trouver l'axe de symétrie de la courbe (qui se confond sensiblement avec l'axe du tube); puis, en appliquant la courbe sur papier millimétré, on marquait les points dont les ordonnées, comptées à partir de la tangente au sommet (perpendiculaire à l'axe), croissaient par centimètre (ou demi-centimètre). Par plissement encore il était possible de trouver assez exactement les normales en ces divers points; il suffisait de faire en sorte que les parties de la courbe voisines du point se superposaient aussi bien que possible; enfin on traçait l'enveloppe de toutes ces normales et on marquait aussi exactement que possible les points de contact. Les figures 3 et 4 reproduisent le résultat de ces opérations pour les épreuves nos 4 et 8 (voir aussi la figure 2 de la première communication).

Voici les résultats ainsi obtenus pour les diverses épreuves.

I. — Ménisques aplatis.

Cliché 1. Benzène pur. $\mu_1 - \mu_2 = -0,1189$. Agrandissement : 6,80.

z.	$-R_1$.	$-R_2$.	$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$ (*).	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé
0	(40)	(40)	(0,050)	0,048
0,5	18	26,5	0,093	0,095
1	10,2	21,1	0,146	0 141
1,5	7,5	17,3	0,191	0 188
2	6,0	14,8	0,235	0,234
2,5	5,0	13,2	0,275	0,281
3	4,0	11,9	0,334	0,327

(*) La courbure est considérée comme négative, parce que le ménisque est concave du côté du milieu le moins dense (voir la première note, p. 192).

En appliquant la méthode des moindres carrés à la quatrième colonne, on trouve la formule

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=0{,}048+0{,}093\,z,$$

qui a servi à calculer la cinquième colonne.

L'équation de la courbe méridienne en vraie grandeur est

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=0{,}048\,.\,6{,}80+0{,}093\,.\,\overline{6{,}80}^{2}.\,z=0{,}33+4{,}3\,z,$$

de sorte que

$$\alpha=\frac{0{,}1189\times 981}{4{,}3}=27 \quad (^*).$$

Cliché 2. $\mu_1-\mu_2=-0{,}1101$. Agrandissement : 6,64.

z.	$-R_1$.	$-R_2$.	$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
0	(37)	(37)	(0,054)	0,050
0,5	17,5	24,3	0,098	0,096
1	10,7	19,6	0,144	0,142
1,5	7.7	16,8	0,190	0,188
2	6,0	14,7	0,234	0,233
2,5	4,8	13,3	0,279	0,279
3	4,0	12,1	0,333	0,325

La quatrième colonne donne

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=0{,}050+0{,}092\,z;$$

d'où la cinquième colonne.

L'équation de la courbe réelle est

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=0{,}33+4{,}0\,z,$$

d'où

$$\alpha=27.$$

(*) M$^{\text{lle}}$ L. Van der Noot (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1911, n° 6, p. 501), par l'observation d'ascensions capillaires, trouva $\alpha=21$, alors que d'autres auteurs ont trouvé par diverses méthodes des valeurs supérieures à 30. Les résultats obtenus par les divers auteurs sont donc fort peu concordants.

Cliché 3. $\mu_1 - \mu_2 = -0{,}1007$. Agrandissement : 6,80.

z.	$-R_1$.	$-R_2$.	$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
0	(25,5)	(25,5)	(0,078)	0,077
0,5	17	20 5	0,105	0,110
1	12	18,5	0,137	0,143
1,5	8,5	17,0	0,174	0,176
2	7.0	14,8	0,211	0,209
3	4,8	12,7	0,281	0,275

Il s'ensuit

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 0{,}077 + 0{,}066\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 0{,}52 + 3{,}1\,z$$

et

$$\alpha = 32.$$

Cliché 4. $\mu_1 - \mu_2 = -0{,}0289$. Agrandissement : 6,67.

z.	$-R_1$.	$-R_2$.	$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$.	
Centim.	Centim.	Centim	Mesuré.	Calculé.
0	(16,6)	(16.6)	(0,120)	0,122
0,5	14,0	14,90	0,138	0,137
1	12,2	14,40	0,152	0,151
1,5	10 8	13,80	0,166	0,166
2	9,4	13,25	0.181	0,180
3	7,9	12,28	0,207	0 209
4	6,5	11,50	0,237	0,238
5	5,6	10,95	0.272	0,267
6	5,0	10,55	0,295	0,296

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 0{,}122 + 0{,}0290\,z. \qquad (a)$$

L'équation de la courbe réelle est

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 0{,}81 + 1{,}29\,z$$

et

$$\alpha = 22{,}0.$$

En partant de l'équation (a), nous avons calculé, comme nous l'avons fait dans la première communication (*), les coefficients de l'équation de la courbe méridienne, mise sous forme de développement en série

$$z = a_2x^2 + a_4x^4 + a_6x^6 + \cdots;$$

nous avons trouvé ainsi

$$z = 3{,}05\,.\,10^{-2}\,.\,x^2 + 0{,}84\,.\,10^{-4}\,.\,x^4 + 0{,}33\,.\,10^{-6}\,.\,x^6 + \\ + 0{,}18\,.\,10^{-8}\,.\,x^8 + 0{,}11\,.\,10^{-10}\,.\,x^{10} + \cdots,$$

ce qui nous a permis de dresser le tableau suivant, où la dernière colonne contient les ordonnées mesurées.

x.	a_2x^2.	a_4x^4.	a_6x^6.	a_8x^8.	$a_{10}x^{10}$.	z (calc.).	z (mes.).
1	0,03	—	—	—	—	0,03	0,03
2	0,12	—	—	—	—	0,12	0,12
3	0,27	—	—	—	—	0,27	0,28
4	0,49	0,02	—	—	—	0,51	0,51
5	0,76	0,04	0,01	—	—	0,81	0,82
6	1,10	0,11	0,02	—	—	1,23	1,24
7	1,49	0,20	0,04	0,01	—	1,73	1,75
8	1,95	0,34	0,09	0,03	0,01	2,42	2,50
9	2,47	0,55	0,17	0,08	0,04	3,31	3,48

On voit que jusqu'à $x = 7$ la courbe méridienne agrandie est bien représentée par le développement réduit aux cinq premiers termes; plus loin, les autres termes ne sont plus négligeables. D'ailleurs, à partir de $z' = 1$, le calcul devient illusoire, les séries n'étant plus convergentes.

(*) *Loc. cit.*, pp. 194-195.

Cliché 5. $\mu_1 - \mu_2 = -0{,}0083$. Agrandissement : 6,46.

z.	$-R_1$.	$-R_2$.	$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
0	(11,71)	(11,71)	0,171)	0,170
0,5	11,3	11,60	0,174	0,175
1	11,0	11,45	0,178	0,180
2	10,1	11,24	0,188	0,190
3	9,1	10,96	0,200	0,200
4	8,6	10,67	0,210	0,210
5	8,1	10 48	0,218	0,220
6	7,3	10,30	0,234	0,230

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 0{,}169 + 0{,}0100\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$-\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = 1{,}10 + 0{,}42\,z.$$

$$\alpha = 19{,}4.$$

II. — Ménisques allongés.

Cliché 6. $\mu_1 - \mu_2 = 0{,}0039$. Agrandissement : 6,73.

z.	R_1.	R_2.	$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
0	(9,13)	(9,13)	(0,219)	0,218
1	9,6	9,27	0,212	0,211
2	10,1	9,41	0,205	0,204
3	10,7	9,56	0,197	0,198
4	11,4	9,70	0,191	0,191
5	12,2	9.83	0,184	0,184
6	13,0	9,97	0 177	0,178
7	14,0	10,09	0,170	0,171
8	15,1	10,19	0,164	0,164
9	16,3	10,25	0,159	0,157
10	—	10,30	—	—
11	—	10,35	—	—
18	∞	10,2	0,098	0,097

$$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} = 0{,}218 - 0{,}0067\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 1,47 - 0,30\,z,$$

ce qui donne

$$\alpha = 12,6.$$

Cliché 7. $\mu_1 - \mu_2 = 0,0057$. Agrandissement : 6,48.

z.	R_1.	R_2.	$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
—	—	—	—	—
0	(8,70)	(8,70)	(0,229)	0,228
1	9,30	8,76	0,221	0,220
2	10,0	8,92	0,212	0,212
3	10,6	9,09	0,204	0,205
4	11,2	9,26	0,197	0,197
5	11,8	9,43	0,190	0,189
6	12,9	9,56	0,181	0,181
7	14,1	9,70	0,174	0,173
8	15,0	9,80	0,168	0,166
9	16,5	9,90	0,161	0,158
10	20,0	10,00	0,150	0,150

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0,228 - 0,0078\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 1,44 - 0,33\,z,$$

d'où

$$\alpha = 17,0.$$

Cliché 8. $\mu_1 - \mu_2 = 0{,}0170$. Agrandissement : 6,56

z.	R_1.	R_2.	$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.	
Centim	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
—	—	—	—	—
2	-4,8	5,14	-0,014	-0,024
1	-4,1	4,20	-0,006	-0,003
0	-4,25	3,95	+0,018	+0,018
- 1	-5,1	4,20	0,042	0,039
- 2	-7,0	4,85	0,059	0,060
- 3	-9,9	5,70	0,074	0,081
- 5	∞	8,20	0,122	0,123
- 7	16	9,70	0,163	0,165
- 8	11	9,90	0,191	0,186
- 9	9,3	9,85	0,210	0,207
-10	8,1	9,80	0,225	0,228
-11	7,0	9,75	0,245	0,249
-12	6,0	9,75	0,270	0,270

$$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=0{,}018-0{,}021\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est donc

$$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=0{,}115-0{,}91\,z\,.$$

et

$$\alpha = 18{,}4.$$

Cliché 9. $\mu_1 - \mu_2 = 0{,}0172$. Agrandissement : 6,33.

z.	R_1.	R_2.	$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
—	—	—	—	—
0	(7,28)	(7,28)	(0,275)	0,272
1	7,9	7,46	0,261	0,259
2	8,8	7,61	0,245	0,247
3	9,6	7,81	0,232	0,234
4	10,5	8,00	0,220	0,221
5	11,7	8,17	0,207	0,208
6	12,8	8,35	0,197	0,196
7	15,0	8,53	0,183	0,183
8	18,2	8,65	0,170	0,170
9	21,0	8,75	0,163	0,158
12,8	∞	9,22	0,108	0,109

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0{,}272 - 0{,}0127\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 1{,}72 - 0{,}51\,z$$

et

$$\alpha = 33{,}1.$$

Cliché 10. $\mu_1 - \mu_2 = 0{,}0415$. Agrandissement : 7,12.

z.	R_1.	R_2.	$\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.	
Centim.	Centim.	Centim.	Mesuré.	Calculé.
0	6,00	6,00	0,333	0,327
1	7,1	6,25	0,301	0,300
2	8,2	6,60	0,274	0,274
3	9,9	6,90	0,245	0,247
4	12,5	7,20	0,219	0,221
5	17,5	7,55	0,189	0,194
6	22	7,90	0,172	0,167
8	∞	8,65	0,115	0,114

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0{,}327 - 0{,}0266\,z.$$

L'équation de la courbe réelle est

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 2{,}33 - 1{,}35\,z,$$

d'où

$$\alpha = 30{,}2.$$

Cette valeur s'accorde bien avec celle (29,6) trouvée pour le même mélange au moyen de l'épreuve qui fut traitée dans la note précédente.

CONCLUSIONS.

Résumons maintenant les résultats de nos mesures et de nos calculs en un tableau, auquel nous ajoutons les valeurs de la constante capillaire

$$a^2 = -\frac{2}{B}.$$

Tableau récapitulatif.

Nos.	$\mu_1 - \mu_2$.	A.	— B.	α.	a^2.
1	-0,1189	-0,33	4,3	27	0,46
2	-0,1101	-0,33	4,0	27	0.50
3	-0,1007	-0,52	3,1	32	0,65
4	-0,0289	-0,81	1,29	22,0	1,55
5	-0,0083	-1,10	0,42	19,4	4,8
6	0,0039	1,47	0,30	12,6	6,6
7	0,0057	1,44	0,33	17,0	6,0
8	0,0170	—	0,91	18,4	2,19
9	0.0172	1,72	0,51	33,1	3,9
10	0,0415	2,33	1,35	30,2	1,48
11 (*)	0,0415	2,57	1,38	29,6	1,45

Il semble assez difficile de tirer des conclusions de ce tableau. Si nous constatons une variation assez régulière des valeurs de A (courbure au sommet du ménisque) et de B avec la concentration du mélange de benzène et de nitrobenzène, qui est mis en contact avec l'eau, au sujet de la valeur de α les conclusions sont fort incertaines. Au premier coup d'œil, on serait tenté de penser que α passe successivement par un minimum et un maximum, mais cette conclusion est rendue fort problématique par le fait que les épreuves 8 et 9, faites avec des liquides presque identiques, donnent des résultats fort différents. Cela tient sans doute au mode opératoire : les liquides

---

(*) Nous avons donné le n° 11 à la photographie de la première note.

des n^{os} 8 et 9 ont, en effet, été obtenus par des procédés différents, et les résultats fournis par le second procédé sont beaucoup plus élevés que ceux fournis par le premier. Dans le second procédé, les liquides n'ont été en contact l'un avec l'autre que pendant un temps assez court, alors que par le premier procédé ce contact a eu une durée assez grande, et d'autant plus grande que le numéro d'ordre de l'épreuve était plus élevé. Or, il semble résulter des mesures faites par d'autres auteurs, Quincke par exemple (*), que la durée de ce contact a une influence notable sur la valeur de α. Il résulterait donc de l'ensemble de nos mesures que si les liquides sont mis fraîchement en contact, la valeur de α est relativement élevée, et qu'elle s'abaisse considérablement pendant que le contact se prolonge. Cela explique peut-être les grands écarts entre les valeurs trouvées par divers auteurs pour un même couple de liquides, par exemple eau-benzène; en particulier, M^{lle} Van der Noot, qui s'est servie de benzène exposé pendant longtemps au contact de l'eau, a trouvé pour ce dernier couple une valeur de α beaucoup plus faible que les autres auteurs; et la valeur que nous avons trouvée pour ce couple avec du benzène fraîchement versé sur l'eau est également assez élevée. C'est là une question qui demande un examen plus approfondi.

Il s'ensuit aussi que l'existence d'un maximum de α, à laquelle nous avions cru pouvoir conclure dans notre première communication (**), n'est pas du tout démontrée; de nouvelles recherches devront apprendre ce qui en est.

Mais de toutes façons nous croyons pouvoir conclure que la méthode d'examen graphique que nous avons appliquée est utilisable et peut conduire à des résultats aussi précis que ceux obtenus par d'autres méthodes. Aussi comptons-nous en faire de nouvelles applications.

(*) QUINCKE, *Ann. d. Physik* (4), 9, 1902.
(**) *Loc. cit.*, p. 198.

Physique moléculaire. — **Sur la forme des gouttes liquides,**

par J.-E. VERSCHAFFELT.

Dans les expériences qu'il a décrites dans la note ci-devant (¹), et dont il a fixé diverses phases par la photographie, M. Nicaise a observé la transformation continue d'un ménisque capillaire, formé dans un tube cylindrique. Par la diminution de la différence de densité des deux fluides en contact et son changement de signe en passant par zéro, le ménisque, d'abord aplati, devient allongé, en passant par la forme sphérique. La planche I ci-jointe, où sont juxtaposées les photographies faites par M. Nicaise, hormis le n° 8 (²), montre bien la succession de ces diverses phases dans la transformation du ménisque.

D'après les considérations qui ont été développées dans une note antérieure (³), on doit observer exactement la même série de transformations en faisant varier de n'importe quelle façon la constante capillaire, et le ménisque passe encore par toute une série de formes semblables à celles-là, si, sans modifier la constante capillaire, c'est-à-dire en opérant sur un système de fluides déterminé, on fait varier le diamètre du tube, comme dans les expériences de M$^{\text{lle}}$ Vander Noot (⁴), ou, ce qui revient au même, le rayon de courbure au sommet du ménisque.

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 437.

(²) Ce numéro tombe en dehors de la série ; la goutte qu'il représente repose sur le fond du tube et ne se termine pas naturellement en un sommet. Elle appartient à une série de surfaces que l'on pourrait réaliser entre deux disques ou deux cylindres, et que l'on peut considérer comme provenant de la déformation d'un onduloïde par la pesanteur.

(³) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, p. 383.

(⁴) *Ibid.*, p. 388.

Les épreuves obtenues par M. Nicaise, en opérant sur des mélanges de benzène et de nitrobenzène au contact de l'eau, font donc connaître la forme que prennent, dans des circonstances déterminées, des gouttes, tant aplaties qu'allongées, d'un liquide quelconque, dont on connaît la constante capillaire. On y arrive par une construction bien simple : d'après ce que nous avons vu (¹), de la forme de la surface capillaire d'un liquide 1 on déduit une forme semblable de surface d'un liquide 2, en réduisant les dimensions linéaires de la première surface dans le rapport $a_2 : a_1$ des racines carrées des constantes capillaires.

Au moyen des figures de la planche I et des valeurs correspondantes de a^2, que M. Nicaise a trouvées par analyse graphique (voir le tableau à la p. 449 de la note ci-devant), j'ai construit, pour un liquide fictif dont la constante capillaire serait égale à 1, une série de formes de gouttes de ce liquide. Elles sont tracées en trait plein sur la planche II (l'unité de longueur est le centimètre); les gouttes aplaties (déposées) ont été représentées avec une courbure vers le bas, les gouttes allongées (suspendues) sont courbées vers le haut. Les lignes ont été obtenues en rendant a fois plus petites les abscisses et ordonnées de tous les points des courbes de la planche I, tracées en grandeur naturelle. A côté de chaque ligne j'ai marqué le rayon de courbure R'_0 au sommet; ce rayon (réduit) s'obtient encore en divisant par a le rayon réel R_0 au sommet de la surface observée, et ce dernier rayon est égal à $\frac{2}{A}$ (les valeurs des A sont données dans le même tableau à la page 449).

Dans le tableau suivant, je communique les valeurs de a, $R_0 = \frac{2}{A}$ et $R'_0 = \frac{R_0}{a}$ pour les diverses figures de la planche I; pour les gouttes aplaties, je considère le rayon de courbure au sommet comme négatif. La dernière colonne fait connaître la

---

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, p. 388.

valeur réduite $r' = \frac{r}{a}$ du rayon du tube ($r = 1^{\text{cm}}55$) ; ce r' est le rayon maximum de la goutte (sauf pour les n$^{\text{os}}$ 9, 10 et 11, où il n'y a plus de rayon maximum).

Numéro.	a.	R_0	R'_0	r'
1	0,68	-6,0	-8,9	2,29
2	0,71	-6,0	-8,5	2,19
3	0,81	-3,82	-4,7	1,92
4	1,25	-2,46	-1,98	1,24
5	2,18	-1,81	-0,83	0,71
6	2,57	1,36	0,53	0,60
7	2,40	1,35	0,56	0,66
9	1,98	1,16	0,58	0,78
10	1,22	0,86	0,71	1,27
11	1,20	0,78	0,65	1,30

Au chapitre V de sa *Théorie de la capillarité* (Paris, 1883), E. Mathieu construit par calcul, au moyen de développements en série déduits de l'équation de la surface capillaire, la forme de quelques gouttes liquides. Il a fait ces calculs pour des gouttes de mercure ($a^2 = 6^{\text{mmq}}526$) (¹), déposées sur un plan horizontal et présentant successivement des rayons de courbure au sommet de 1 millimètre, $1^{\text{mm}}38$, 2 et 4 millimètres, ainsi que pour des gouttes d'eau ($a^2 = 15{,}0$ mmq) suspendues ayant des rayons au sommet de 2 millimètres, $1^{\text{mm}}75$, $1^{\text{mm}}5$ et 1 millimètre. J'ai réduit ces courbes à un liquide à constante capillaire $a^2 = 1$ et je les ai tracées en pointillé sur la planche II; elles ont au sommet les rayons de courbure (réduits) suivants :

Gouttes déposées. . $R'_0 = -0^{\text{cm}}391$, $-0^{\text{cm}}540$, $-0^{\text{cm}}783$, $-1^{\text{cm}}566$.

Gouttes suspendues . $R'_0 = \ 0^{\text{cm}}516$, $0^{\text{cm}}452$, $0^{\text{cm}}387$, $0^{\text{cm}}258$.

(¹) Ce que Mathieu représente par a^2 n'est que la moitié de ce qu'actuellement on appelle la constante capillaire.

On voit que ces courbes s'accordent parfaitement avec la série de celles déduites des photographies de M. Nicaise.

Les ménisques aplatis obtenus par M. Nicaise se terminent aux points où ces ménisques sont tangents à la paroi (verticale) du tube; donc en des points où l'abscisse est égale au rayon du tube et l'ordonnée égale à la flèche e du ménisque. Cette flèche se déduit assez exactement des photographies : on voit, en effet, à peu près au niveau du contact, une ligne de séparation assez nette de deux zones inégalement éclairées, provenant d'une réfraction de la lumière dans le ménisque. Nous avons pu mesurer par là les flèches des ménisques sur les agrandissements des photographies et nous en avons déduit d'abord les valeurs des rapports $\frac{e}{r}$, ensuite les valeurs e' des flèches, réduites à $a^2 = 1$. Nous avons obtenu ainsi :

Numéro.	$\frac{e}{r}$	r'	e'
1	0,46	2,29	1 env.
2	0,46	2,19	1 env.
3	0,52	1,92	1,00
4	0,67	1,24	0,83
5	0,80	0,71	0,57

Les deux dernières colonnes de ce tableau font connaître les coordonnées des points terminaux des courbes aplaties en trait plein de la planche II.

Les mesures de flèches de ménisque effectuées par M$^{\text{lle}}$ Van der Noot (¹), par exemple sur l'eau, dans des tubes de diamètres différents, ont déjà permis d'obtenir des points de la courbe qui

---

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, p. 391.

représente la variation de e' avec r' (nommés ε et ρ dans le travail en question); on a trouvé ainsi les points (¹) :

r'	e'	R'_0
—	—	—
0,24	0,24	0,25
0,50	0,48	0,53
0,74	0,63	0,83
1,03	0,78	1,32
1,53	0,94	2,7
2,46	0,96	5,9
4,01	0,99	12

Les cinq premiers points sont marqués par des croix sur la planche II. Les valeurs de R'_0 qui accompagnent ces croix et qui se trouvent dans la troisième colonne du tableau ci-dessus ont été déduites des hauteurs d'ascension observées; en vertu de la relation $h = \frac{2a}{\mu g} \cdot \frac{1}{R_0} = \frac{a^2}{R_0}$, R'_0 est l'inverse de la hauteur d'ascension réduite à $a^2 = 1$ (dans le travail en question, p. 390, ces hauteurs réduites sont représentées par η). On constate encore sur la planche II l'accord satisfaisant des observations de M$^{\text{lle}}$ Van der Noot et de M. Nicaise.

On obtient également des points de la courbe $e' = \Phi\,(r')$, représentée en trait interrompu sur la planche II, au moyen des valeurs obtenues par Mathieu pour le rayon maximum des gouttes de mercure et l'ordonnée de la section méridienne correspondante. On trouve ainsi :

R_0	r	e	R'_0	r'	e'
—	—	—	—	—	—
mm.	mm.	mm.	cm.	cm.	cm.
1,00	0,95	0,91	0,391	0,372	0,356
1,38	1,31	1,23	0,540	0,513	0,481
2,00	1,71	1,53	0,783	0,669	0,598
4,00	2,791	2,032	1,566	1,092	0,795

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, p. 393.

Ici encore il y a bon accord avec ce qui précède.

Les ménisques allongés présentent, de $R'_0 = 0$ à $R'_0 = 0,56$ environ, un rayon maximum et un rayon minimum (cercle de gorge). Voici quelles sont, d'après les photographies de M. Nicaise et les courbes construites par Mathieu, les valeurs de ces rayons et des ordonnées correspondantes au-dessus du sommet :

NICAISE.

Numéro.	R'_0	r'	e'
6.	0,53	0,600	0,75
		0,587	1,30
7.	0,56	0,66	1 env.

MATHIEU.

R_0	r	e	R'_0	r'	e'
$1^{mm}0$	1,029	1,059	$0^{cm}258$	0,263	0,271
	0,195	2,673		0,050	0,690
$1^{mm}5$	1,600	1,738	$0^{cm}387$	0,409	0,444
	0,565	4,463		0,146	1,153
$1^{mm}75$	1,920	2,176	$0^{cm}452$	0,491	0,556
	1,341	5,206		0,346	1,345
$2^{mm}0$	2,316	2,806	$0^{cm}516$	0,592	0,717
	2,100	5,356		0,542	1,383

Les points ainsi obtenus ont été reliés sur la planche II par un trait interrompu en forme de boucle. Ce trait est tangent à peu près à la courbe correspondant à $R_0 = 0,56$, qui forme ainsi à peu près la transition entre les gouttes étranglées et les autres. Si l'on trace la figure symétrique de cette boucle par rapport à l'axe des ordonnées, elle forme le prolongement de la courbe des flèches des ménisques aplatis.

J.-E. VERSCHAFFELT, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 7, 1912.

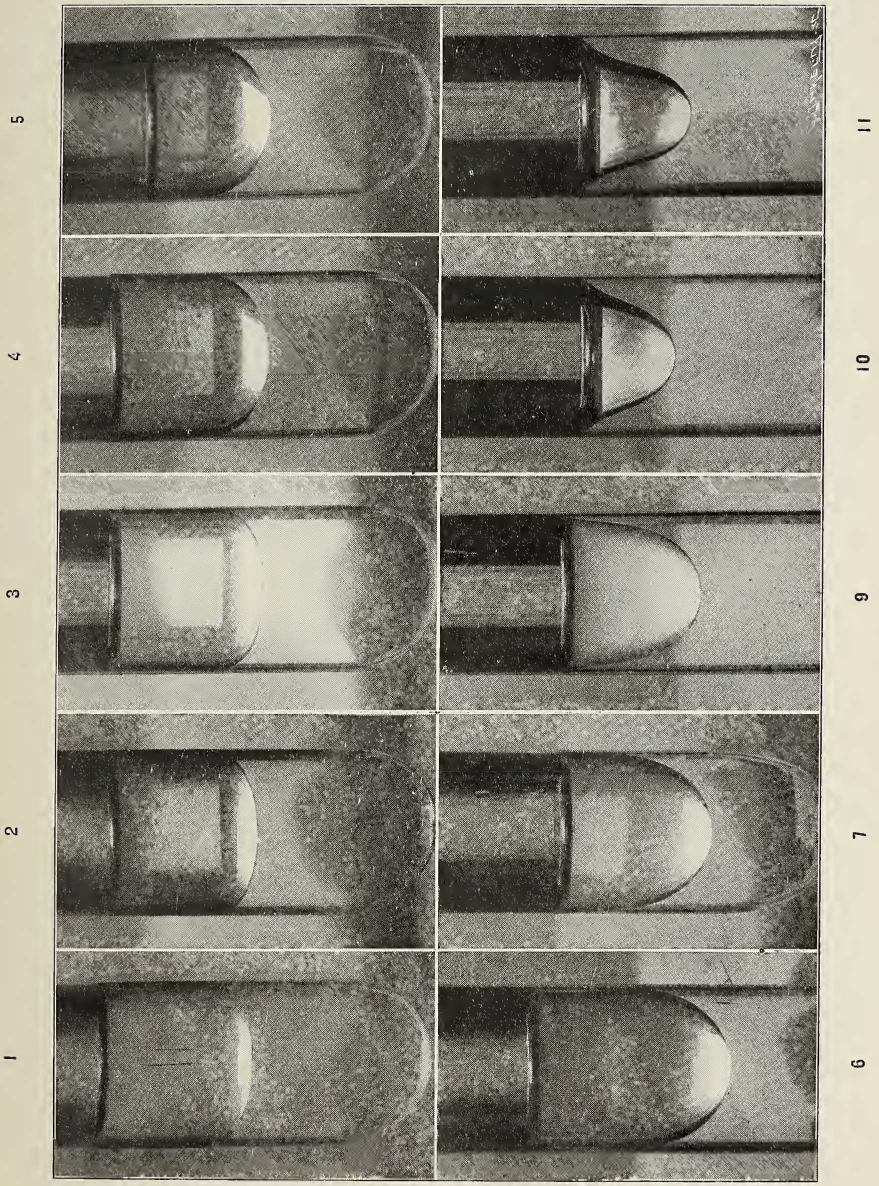

1
2
3
4
5
6
7
9
10
11

PLANCHE I.

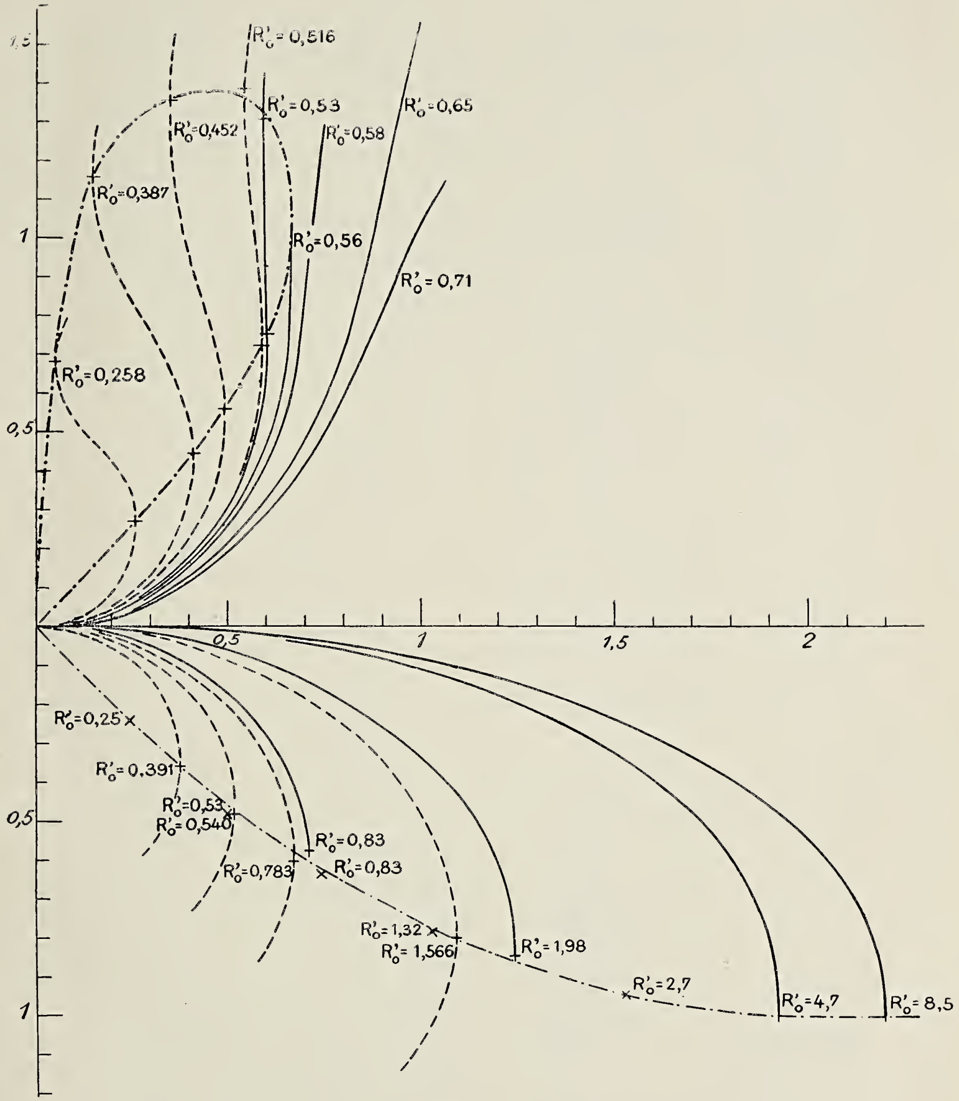

1,5
1
0,5
0,5
1
1,5
2
0,5
1
$R'_o = 0,516$
$R'_o = 0,53$
$R'_o = 0,65$
$R'_o = 0,452$
$R'_o = 0,58$
$R'_o = 0,387$
$R'_o = 0,56$
$R'_o = 0,71$
$R'_o = 0,258$
$R'_o = 0,25$
$R'_o = 0.391$
$R'_o = 0,53$
$R'_o = 0,540$
$R'_o = 0,83$
$R'_o = 0,783$
$R'_o = 0,83$
$R'_o = 1,32$
$R'_o = 1,566$
$R'_o = 1,98$
$R'_o = 2,7$
$R'_o = 4,7$
$R'_o = 8,5$

PLANCHE II.

Météorologie. — Les annonces de tempêtes du Service météorologique,

par J. VINCENT.

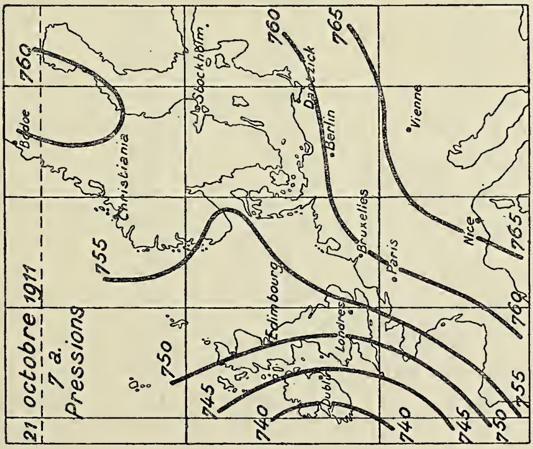
Outre les prévisions générales concernant le temps du lendemain, insérées dans le *Bulletin du temps,* le Service météorologique lance, dans certaines circonstances, des annonces de tempêtes, qui sont télégraphiées à diverses localités de la côte belge, où l'on hisse alors des signaux, en forme de cône, indiquant par leur disposition la direction probable du vent. Ces dernières annonces sont faites par le directeur du Service ou par son délégué. Pour les formuler, on s'inspire de la carte synoptique des pressions, que l'on dresse tous les jours pour 7 heures du matin et pour 6 heures du soir (temps de l'Europe occidentale), de l'allure du baromètre à Bruxelles, enfin des fluctuations qu'éprouve la vitesse du vent. L'état du ciel est considéré aussi, mais sans qu'on lui attribue une importance égale à celle des autres données.

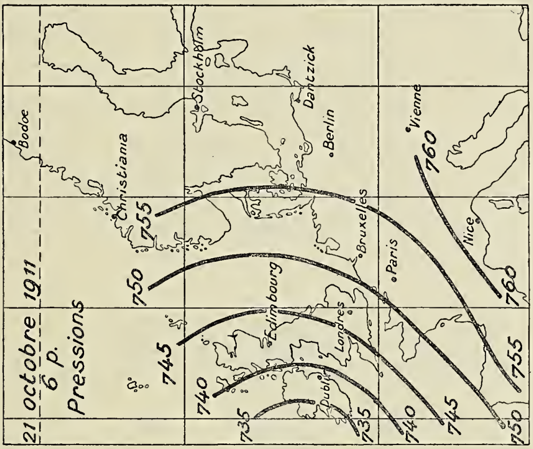
Dans l'échelle de Beaufort actuellement en usage aux Iles Britanniques, la tempête commence lorsque le vent atteint une vitesse de 18 mètres par seconde. Partant de là et considérant que, pour un même gradient, le vent doit être plus fort sur notre côte qu'au centre du pays, nous admettons qu'il y a tempête pour nos ports lorsque le vent, à Uccle, atteint pendant au moins deux heures consécutives une vitesse moyenne d'au moins 17 mètres par seconde, ces deux heures se comptant d'une heure paire à la suivante.

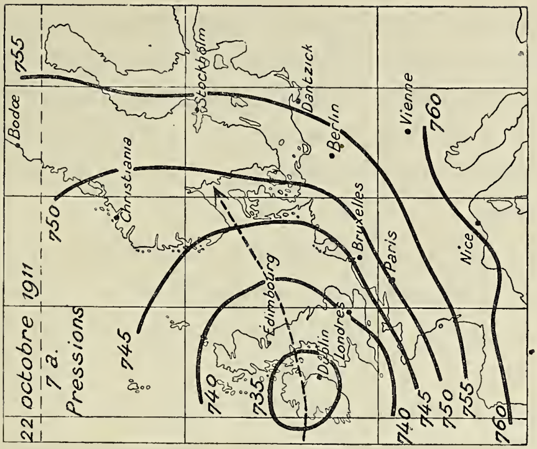
Le tableau ci-après renferme, dans ses deux premières colonnes, l'indication des jours de tempête de la dernière saison froide, des heures où les tempêtes sévirent et des directions qu'indiquait la girouette; on a porté dans la dernière colonne

DATES.	LISTE DES TEMPÊTES qui se sont déclarées (17 m. au moins par seconde, pendant 2 h., à Uccle).	Liste des annonces de tempêtes envoyées aux ports.
30 sept. 1911.	NW, 18 mètres, de 10 à 12 p	9.45 a, SW.
22 oct. 1911.	SSW, 17^{m}2, de 10 à 12 a; . . . . . . SSW, 19^{m}7, de 0 à 2 p; SSW, 17^{m}1, de 0 à 2 p (le 23).	. . . . .
26 oct. 1911.	. . . .	4.30 p, SW.
5 nov. 1911.	SSW, 18^{m}7, de 4 à 6 a; . . . . . . SSW, 19^{m}0, de 6 à 8 a; SSW, 19^{m}4, de 8 à 10 a; SSW, 18^{m}3, de 10 à 12 a.	. . . . . .
17 nov. 1911.	. . . .	10.40 a, SW.
18 nov. 1911.	S, 17^{m}0, de 10 à 12 p	1.20 p, NW.
7 déc. 1911.	. . . .	1.40 p, NW.
20 déc. 1911.	WSW, 20^{m}6, de 4 à 6 p; . . . . WSW, 18^{m}8, de 6 à 8 p.	11.45 a, SE.
21 déc. 1911.	. . . .	10.45 a, SW.
5 janv. 1912.	. . . .	10.5 a, SW.
6 janv. 1912.	WSW, 17^{m}3, de 0 à 2 a (le 7). . . .	10 55 a, SW.
27 fév. 1912.	. . . .	10.20 a, SW.
4 mars 1912.	S, 19^{m}6, de 6 à 8 p; . . . . . . SSW, 17^{m}2, de 2 à 4 a (le 5); SSW, 18^{m}1, de 4 à 6 a; SSW, 17^{m}8, de 6 à 8 a; SW, 17^{m}9, de 8 à 10 a; SW, 17^{m}6, de 0 à 2 p.	3.15 p, SW.
17 mars 1912.	. . . .	8.20 p, SW.
21 mars 1912.	(S, 16^{m}4, de 2 à 4 a, le 22.)	9.55 a, SW.
8 avril 1912.	(SW, 16^{m}8, de 4 à 6 p.)	9.45 a, SW.
9 avril 1912.	. . . .	9.30 a, NW.

N. B. — Pour plus de clarté, on a désigné par *a* les heures du matin, par *p* celles du soir.


21 octobre 1911
7 a.
Pressions
760
755
750
745
740
760
765
740
745
750
755
760
765
Bodoe
Christiania
Stockholm.
Dantzick
Berlin
Vienne
Bruxelles
Paris
Nice
Edimbourg
Londres
Dublin


21 octobre 1911
6 p.
Pressions
755
750
745
740
735
735
740
745
750
755
760
760
Bodoe
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Vienne
Bruxelles
Paris
Nice
Edimbourg
Londres
Dublin

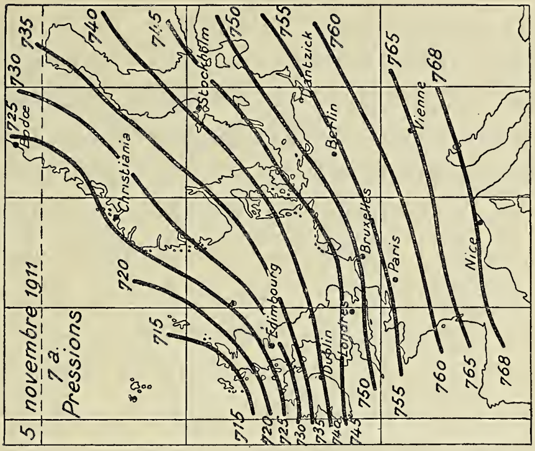

22 octobre 1911
7 a.
Pressions
755
750
745
740
735
740
745
750
755
760
760
Bodoe
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Vienne
Bruxelles
Paris
Nice
Edimbourg
Londres
Dublin

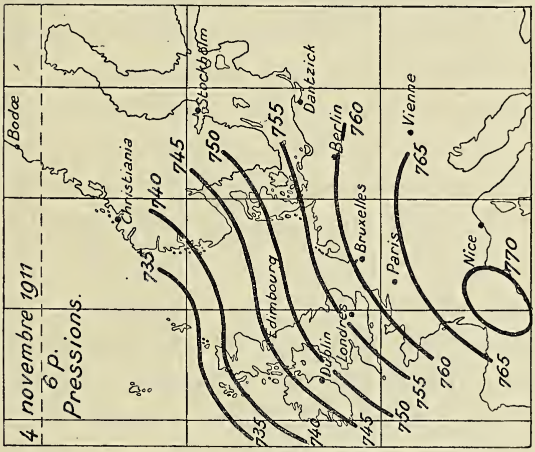
les annonces de tempêtes qui furent lancées par le Service. La comparaison de ces dernières données avec les précédentes permet de juger d'un coup d'œil du degré de justesse de nos prévisions : il y eut en tout 7 tempêtes (si l'on ne compte pas le 8 avril), dont 5 furent annoncées ; il y eut 15 annonces, dont 5 se réalisèrent.

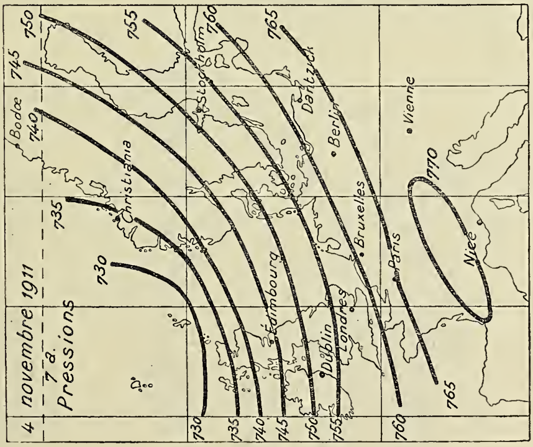
Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans la discussion de toutes ces tempêtes et de toutes ces annonces. Je me contenterai d'examiner dans quelles circonstances se déclarèrent les tempêtes du 22 octobre et du 5 novembre, qui ne furent pas prévues, et de présenter quelques considérations sur les conditions du temps des 20 et 21 décembre, qui offrent un intérêt particulier.

Le 21 octobre, à 7 heures du matin, un minimum barométrique inférieur à 738 millimètres se trouvait à l'ouest de l'Irlande ; le soir, à 6 heures, la pression avait encore diminué sur l'Europe occidentale, le minimum, inférieur alors à 735 millimètres, restant au large de l'Irlande. Voici des indications sur la baisse barométrique et sur la vitesse du vent, pour cette journée.

	Heures.	Baisse barométrique. en millim.	Vitesse du vent, m. par s.	Remarques.
Le 21 oct.	Minuit- 2 h. du m.	0,7	4,0	Début de la baisse barométrique.
	2- 4	0,6	3,6	
	4- 6	1,5	5,5	
	6- 8	0,5	7,9	
	8-10	1,2	9,4	
	10-midi.	1,5	10,1	
	midi- 2 h. du soir.	1,5	9,6	
	2- 4	0,9	8,6	
	4- 6	0,8	7,7	
	6- 8	1,0	9,2	
	8-10	0,9	11,2	
	10-minuit.	1,5	11,2	
Le 22 oct.	minuit-2 h. du m.	2.1	10,4	
	2- 4	1,0	10,1	Fin de la baisse barométrique.


5 novembre 1911
7 a.
Pressions
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Vienne
Nice
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
768

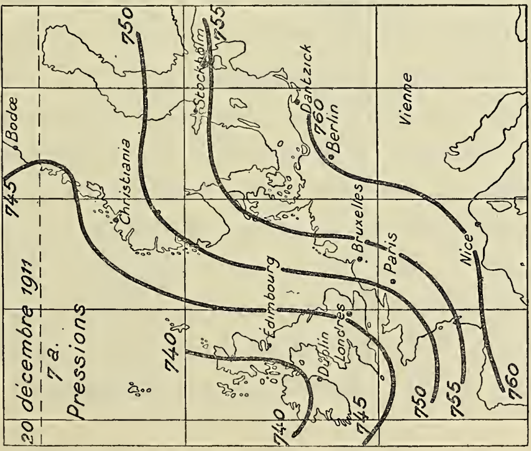

4 novembre 1911
6 p.
Pressions.
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Vienne
Nice
735
740
745
750
755
760
765
770

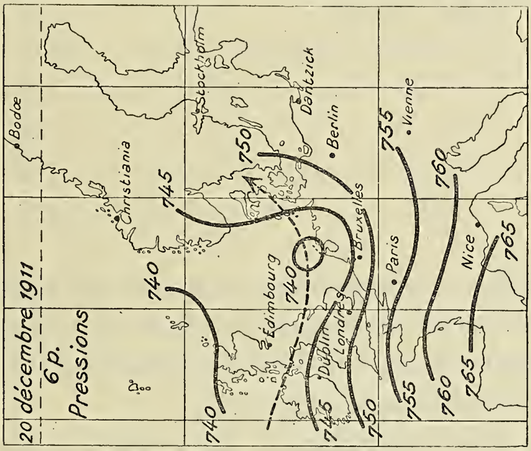

4 novembre 1911
7 a.
Pressions
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Vienne
Nice
730
735
740
745
750
755
760
765
770

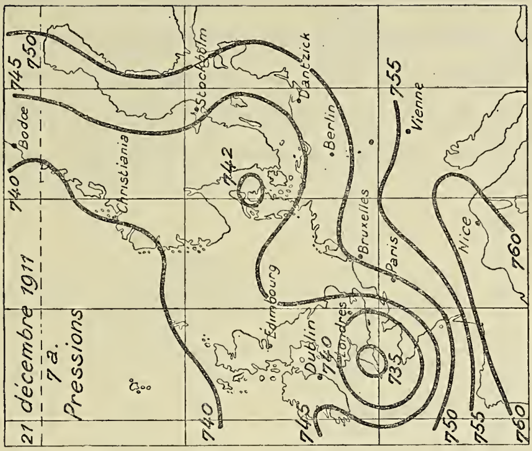
On estima, dans le cours de la journée du 21, que la baisse barométrique n'avait rien d'inquiétant; la chute du mercure est, en effet, assez fréquemment supérieure à 1 millimètre à l'heure, lorsque la pression atmosphérique est troublée. Quant au vent, il ne dépassa pas 10 mètres. Le soir, la baisse barométrique se maintint, mais en montrant une tendance à se ralentir; le vent, lui aussi, paraissait diminuer. C'est pourquoi aucun avis aux ports ne fut lancé. Après 8 heures du soir, la baisse barométrique et la vitesse du vent s'accentuèrent un peu ; le lendemain matin, à partir de 10 heures, quand la chute du baromètre avait pris fin, la vitesse de l'air s'éleva à 17 et à 20 mètres. On voit, sur la carte synoptique des pressions du 22 au matin, que cette tempête fut due à une augmentation du gradient barométrique sur la Manche et le nord de la France.

Les événements du 5 novembre constituent, comme ceux du 22 octobre, une surprise. Le 4, au matin, une profonde dépression existait sur le nord-ouest de l'Europe; le baromètre était inférieur à 730 millimètres aux îles Féroé. A 6 heures du soir, la pression s'était relevée dans les parages de l'Écosse, mais la courbure des isobares, aux Iles Britanniques, montrait qu'un nouveau trouble existait à l'ouest et se rapprochait de l'Europe. Voici l'allure du baromètre et de l'anémomètre de vitesse, dans le cours de cette journée. (Le signe — indique une baisse barométrique, le signe +, une hausse.)

	Heures.	Allure du baromètre, en millim.	Vitesse du vent, m. par s.
	—	—	—
Le 4 nov.	Minuit- 2 h. du m.	-0,6	10,6
	2- 4	-0,5	9,1
	4- 6	0,0	9,3
	6- 8	+0,1	9,5
	8-10	+0,6	12,7
	10-midi.	-0,4	11,0
	midi- 2 h. du soir.	-0,2	10,3
	2- 4	+0,1	10,1
	4- 6	-0,7	9,4
	6- 8	-0,1	10,8


20 décembre 1911
7 a.
Pressions
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Vienne
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Nice
740
745
750
755
760
740
745
750
755
760


20 décembre 1911
6 p.
Pressions
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Vienne
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Nice
740
745
750
755
760
765
740
745
750
755
760
765


21 décembre 1911
7 a.
Pressions
Bodœ
Christiania
Stockholm
Dantzick
Berlin
Vienne
Edimbourg
Dublin
Londres
Bruxelles
Paris
Nice
740
745
750
742
755
740
735
740
745
750
755
760
760

Comme on peut le voir par les chiffres du tableau ci-dessus, ni l'allure du baromètre ni celle de l'anémomètre ne faisaient prévoir, à 8 heures du soir, une augmentation de la vitesse du vent. Mais les choses se modifièrent ensuite rapidement, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, qui fait suite au précédent :

	Heures.	Baisse du baromètre, en millim.	Vitesse du vent, m. par s.
Le 4 nov.	8-10 h. du soir.	1,6	10,3
	10-minuit.	1,3	13,6
Le 5 nov.	Minuit- 2 h. du m.	1,5	14,8
	2- 4	1,9	15,7
	4- 6	1,0	18.7
	6- 8	0,9	19,0
	8-10	0,4	19,4
	10-12	0,3	18,3

Cette tempête se déclara donc sans que des indices eussent permis de la prévoir dans tout le cours de la journée du 4, jusqu'à 8 heures du soir, moment de la fermeture de la plupart des bureaux télégraphiques de province.

L'histoire météorologique des 20 et 21 décembre est fort instructive, au point de vue qui nous occupe. Le 20, à 7 heures du matin, un minimum barométrique voisin de 739 millimètres se trouvait près des Hébrides. Une baisse barométrique avait commencé la veille, à 8 heures du soir. Comme elle était rapide, on lança un avis aux ports le 20, à 11 h. 45 minutes du matin, quoique le vent ne fût que de 12 mètres par seconde. La prévision se vérifia, car le vent atteignit 21 mètres de 4 à 6 heures du soir, et 19 mètres de 6 à 8 heures. Le minimum barométrique des Hébrides s'était dirigé vers l'est-sud-est et se trouvait, le soir du 21, près des côtes hollandaises.

	Heures.	Allure du baromètre, en millim.	Vitesse du vent, m. par s.
Le 19 déc.	8-10 h. du soir.	-0,7	5,6
	10-minuit.	-1,2	5,7
Le 20 déc.	Minuit- 2 h. du m.	-1,3	8,3
	2- 4	-1,6	8,8
	4- 6	-2,5	9,1
	6- 8	-2,1	10,3
	8-10	-2,4	11,4
	10-midi.	-3,3	11,7
	midi- 2 h. du soir.	-2,1	11,9
	2- 4	+0,4	16,0
	4- 6	+3,8	20,6
	6- 8	+3,7	18,8

Le soir du 20, quand la tempête sévissait, on pouvait s'attendre à la voir s'apaiser, la hausse du baromètre étant considérable. Mais le lendemain matin, à 8 heures, une nouvelle baisse s'était déclarée, par suite de l'approche rapide d'un nouveau minimum barométrique, qu'on voyait sur le sud-ouest de l'Angleterre. Aussi, quoique le vent ne fût que de 11 ou 12 mètres, lança-t-on un nouvel avis. Mais, malgré une chute remarquable du baromètre, qui se poursuivit de 6 heures du matin à 2 heures du soir, il n'y eut point de tempête.

	Heures.	Allure du baromètre, en millim.	Vitesse du vent. m. par s.
Le 20 déc.	8-10 h. du soir.	2,4	16,5
	10-minuit.	0,7	11,9
Le 21 déc.	Minuit- 2 h. du m.	0,4	10,1
	2- 4	-1,0	9,0
	4- 6	-1,9	9,5
	6- 8	-3,0	9,4
	8-10	-3,6	10,7
	10-midi.	-3,4	13,7
	midi- 2 h. du soir.	-3,0	10,6
	2- 4	-0,8	3,9
	4- 6	3,7	5,8
	6- 8	6,1	10,8

Des discussions qui précèdent nous pouvons tirer certaines conclusions, qui ne constituent certes pas une nouveauté pour les météorologistes, mais qu'il est bon de mettre en relief, car elles paraissent ignorées de beaucoup de personnes qui formulent, à l'occasion, des avis sur les services du temps et sur la voie à suivre pour les améliorer. Les tempêtes ont pour cause immédiate un gradient d'une certaine valeur. Comme une longue expérience a montré que ce n'est que dans les cyclones que les gradients élevés se produisent, la carte synoptique des pressions barométriques est une première indication à laquelle il faut recourir, si l'on veut être averti de l'imminence d'une tempête. Cette carte révèle-t-elle l'existence d'un cyclone, il y aura à pressentir ce qu'il deviendra et de quel côté il se dirigera. Nulle considération théorique ne peut ici venir en aide au météorologiste, car nous soupçonnons à peine ce qui détermine le déplacement des cyclones. Et quand nos connaissances théoriques seraient beaucoup plus avancées qu'elles ne le sont maintenant, on peut se demander si, étant donné l'allure souvent rapide des centres de cyclones, nos investigations pourraient, chaque fois, être poussées assez loin pour nous fournir les données physiques nécessaires à la solution du problème. Sans ressources du côté de la théorie, le météorologiste en est réduit à recourir à certains indices, ceux que nous avons utilisés ci-dessus, l'allure du baromètre et de l'anémomètre. La considération des routes moyennes des centres de cyclones mérite à peine qu'on en parle, tant il y a d'exceptions aux règles que l'on a établies à ce sujet. Le baromètre nous montre si le cyclone se creuse ou se rapproche; l'anémomètre nous indique si le vent augmente; mais ces indices, auxquels on peut ajouter les indications bien moins importantes de la girouette et de l'état du ciel, ne donnent pas une certitude absolue. On a vu, par nos exemples, que telle chute très rapide du baromètre peut n'être pas suivie de tempête, tandis que telle autre, bien moins importante, précédera des vents tempétueux. Un centre de cyclone profond peut se trouver dans le voisinage de la

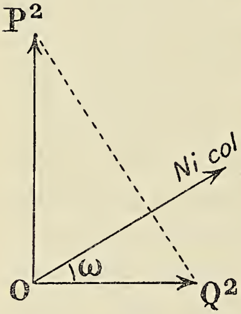
Belgique, sans provoquer de tempête dans notre pays. C'est que ni les déplacements d'un centre de cyclone ni la valeur de la pression atmosphérique au point central ne sont, au fond, le véritable nœud de la question : tout dépend du gradient qui s'établira sur la région que l'on veut avertir. Et ce gradient, rien ne permet d'en assigner la valeur à l'avance : nous en sommes réduits à supposer, s'il est fort à un moment donné, qu'il restera tel pendant un certain temps, et que, s'il est faible et que des baisses rapides se déclarent, il pourra devenir suffisamment important pour faire souffler le vent en tempête.

Les développements dans lesquels nous sommes entré font voir aussi que c'est, pour ainsi dire, sortir de la question que de suggérer, comme remède à l'incertitude de nos prévisions de tempêtes, d'étendre le réseau des stations météorologiques à une grande partie de l'Atlantique, tant vers le nord-ouest que vers le sud-ouest et l'ouest, en utilisant d'un côté les données météorologiques fournies par les postes des Açores et de l'Irlande, de l'autre les radiogrammes envoyés par les paquebots faisant la traversée de l'Atlantique. Ces informations peuvent nous apprendre s'il existe des centres de cyclones dans ces divers parages; mais on se trouvera, à l'égard de leurs évolutions futures et de leur marche, dans la même incertitude que pour les minima barométriques plus rapprochés de nous. Il est clair que, plus un cyclone est éloigné, plus il y a de difficulté à prévoir à quel moment il nous affectera et s'il nous affectera. Il s'agit, il ne faut jamais le perdre de vue, de météores aux allures capricieuses, éprouvant d'incessantes modifications, apparaissant souvent à l'improviste en certains points et disparaissant sans cause apparente. S'il y a quelque progrès à réaliser dans la prévision du temps, ce ne peut être qu'en améliorant le service même des annonces, en rendant les communications plus rapides et en accélérant la publication des annonces, tant de nuit que de jour.

Physique. — **Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu** (*),

par M. A. BOUTARIC.

Le photopolarimètre de Cornu permet de mesurer la proportion de lumière polarisée dans un faisceau lumineux. On sait qu'il se compose essentiellement d'un prisme de Wollaston et d'un prisme de Nicol : le prisme biréfringent donne, d'une ouverture rectangulaire, deux images dont les bords opposés sont exactement en coïncidence ; en faisant tourner le Nicol, on affaiblit de façon différente les deux images ; pour une position du Nicol, ces deux images ont la même intensité.



Si les sections principales du prisme biréfringent sont parallèles aux sections principales du faisceau partiellement polarisé, la position ω du Nicol au moment de l'égalité des images fait connaître la proportion x de lumière polarisée

$$x = \frac{P^2 - Q^2}{P^2 + Q^2} = \cos 2\omega.$$

Grâce à la contiguïté des champs à comparer, la position du Nicol est facile à déterminer et le photopolarimètre de Cornu permet de faire de bonnes mesures. Il ne faudrait pas cependant exagérer sa précision.

On donne souvent le millième dans la proportion de lumière

(*) Laboratoire de physique de l'Université de Montpellier.

polarisée. Certains auteurs vont même jusqu'au dix-millième. Ainsi, dans son mémoire sur la *Polarisation de la lumière diffusée par les milieux troubles et de la lumière du ciel,* Pertner (*) donne toujours la proportion de lumière polarisée avec quatre chiffres décimaux.

Voici, prises au hasard, trois de ses mesures :

$$x_1 = 0{,}7349;$$
$$x_2 = 0{,}4617;$$
$$x_3 = 0{,}2232.$$

Une telle approximation dans les résultats me paraît exagérée.

Cherchons, en effet, la précision dont on peut répondre en tenant compte de la sensibilité de l'œil. Cette sensibilité varie avec les observateurs, mais, « dans les mesures photométriques, il paraît difficile d'atteindre une approximation de $^1/_{200}$ » (**) : autrement dit, l'œil considère comme identiques deux plages dont les éclairements diffèrent de $^1/_{200}$. C'est là, d'ailleurs, une limite extrême : Bouguer admettait seulement une approximation de $^1/_{60}$.

Quand les deux images du photopolarimètre ont le même éclairement, on a

$$P^2 \sin^2 \omega = Q^2 \cos^2 \omega,$$

ce qu'on peut écrire :

$$\frac{P^2}{Q^2} \operatorname{tg}^2 \omega = 1.$$

Mais l'œil admettra l'égalité d'éclairement pour

$$P^2 \sin^2 \omega = Q^2 \cos^2 \omega \left(1 \pm \frac{1}{200}\right),$$

(*) Pertner, *Denkschr. math.-naturw. Klasse d. Wien. Akad.*, t. LXXIII, p. 301; 1901.

(**) Mascart, *Traité d'optique*, t. III, p. 175.

c'est-à-dire

$$\frac{P^2}{Q^2} \operatorname{tg}^2 \omega = 1 \pm \frac{1}{200}.$$

On peut donc faire sur ω une erreur $d\omega$ donnée par

$$\frac{P^2}{Q^2} \cdot 2 \operatorname{tg} \omega (1 + \operatorname{tg}^2 \omega)\, d\omega = \frac{1}{200},$$

ou, en tenant compte de la relation $\frac{P^2}{Q^2} = \frac{1}{\operatorname{tg}^2\omega}$,

$$2 \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \omega}{\operatorname{tg} \omega} d\omega = \frac{1}{200}.$$

On a alors

$$d\omega = \frac{1}{400} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega}{1 + \operatorname{tg}^2 \omega} = \frac{1}{800} \sin 2\omega.$$

L'erreur entraînée dans l'évaluation de la proportion $x = \cos 2\omega$ de lumière polarisée est

$$dx = 2 \sin 2\omega \, . \, d\omega,$$

d'où

$$dx = \frac{1}{400} \sin^2 2\omega = \frac{1 - x^2}{400}.$$

Cette erreur, qui s'annule pour $x = 1$, atteint $^1/_{400}$ pour des valeurs très faibles de x.

On ne peut donc répondre du chiffre des dix-millièmes que pour les valeurs de x telles que l'on ait

$$\frac{1 - x^2}{400} < \frac{1}{10.000}$$

$$1 - x^2 < \frac{4}{100},$$

ce qui donne

$$x > 1 - \frac{2}{100} \quad \text{ou} \quad \frac{98}{100},$$

valeur très voisine de l'unité.

Voici, calculées d'après la formule précédemment donnée, les erreurs possibles dans les trois mesures de Pertner que nous avons rapportées :

x.	$dx = \frac{1 - x^2}{200}$.
0,7349	0,0012
0,4617	0,0020
0,2232	0,0024

En adoptant pour la sensibilité de l'œil l'approximation de Bouguer, les erreurs seraient trois fois plus considérables. Elles s'approcheraient de $^1/_{100}$.

A cette erreur, due au défaut de sensibilité de l'œil, s'ajoute celle δx que l'on commet dans la lecture de l'angle ω :

$$\delta x = 2 \sin 2\omega \, \delta\omega.$$

A l'aide d'un vernier, on pourrait facilement mesurer l'angle ω avec une approximation d'une demi-minute, et l'erreur correspondante δx serait négligeable vis-à-vis de dx. L'appareil que possède l'Institut de physique de l'Université de Montpellier, et qui a été construit cependant avec beaucoup de soin par la maison Pellin, ne possède pas de vernier. On ne peut, dans ces conditions, apprécier guère plus du $^1/_5$ de degré, et l'on a sensiblement

$$\delta\omega = \frac{1}{300},$$

d'où

$$\delta x = \frac{1}{150} \sin 2\omega = \frac{\sqrt{1 - x^2}}{150}.$$

Les erreurs correspondantes entraînées sur la valeur de x

dans les résultats de Pertner que nous avons rapportés seraient alors :

$$\delta x_1 = 0{,}0045;$$
$$\delta x_2 = 0{,}0058;$$
$$\delta x_3 = 0{,}0064.$$

En résumé, il paraît illusoire, dans les mesures de la proportion de lumière polarisée, de vouloir obtenir le chiffre des dix-millièmes ou celui des millièmes. Pour de faibles valeurs de cette proportion, le chiffre des centièmes lui-même devient douteux. Aussi bien, une telle approximation est, en général, suffisante. Que l'on mesure la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par les milieux troubles ou dans la lumière du ciel, les variations accidentelles qui se produisent sont largement de l'ordre du centième. Il serait tout à fait inutile d'avoir un appareil possédant une sensibilité plus grande.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Bambeke (*Ch. Van*). Cent Agaricacées (Leucosporées). Espèces ou variétés nouvelles pour les Flandres et, en partie, pour la flore belge. Gand, 1912; extr. in-8° (pp. 37-110, fig.).

Crismer (*L.*). Walthère Spring, sa vie et son œuvre. Discours prononcé à la séance jubilaire solennelle de la Société chimique, le 12 mai 1912. Gand, 1912; extr. in-8° (pp. 158-185).

Lohest (*Max*) et *Fraipont* (*Charles*). Le limon hesbayen de la Hesbaye. Liége, 1912; extr. in-4° (26 p., pl. et carte).

Vanlair (*C.*). L'art de l'enfant. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (32 p.).

Godeaux (*Lucien*). Sur la surface du quatrième ordre contenant une conique. Mons, 1912; extr. in-8° (8 p.).

— Sur les transformations des surfaces algébriques laissant invariant un système continu de courbes. Rome, 1912; extr. gr. in-8° (pp. 398-402).

Stuyvaert (*Modeste*). Sur la sextique gauche de genre deux. Naples, 1911; extr. gr. in-8° (35 p.).

— On the lineo-linar congruences of right lives and the cubic surface. Amsterdam, 1912; extr. in-8° (6 p.).

Zunz (*Edgard*). Sur la teneur en azote aminé aliphatique du sang de mammifère et sur son pouvoir protéoclastique. Gand, 1912; extr. in-8° (pp. 72-77).

— Recherches sur la digestion des protéines du pain et de la viande chez le chien. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (38 p.).

BRUXELLES. *Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics.* Port d'Ostende. Diagrammes des variations de niveau de la mer observées à l'extrémité de l'estacade d'est du chenal d'entrée au port pendant l'année 1910. In-fol. obl.

PARIS. *Bureau des longitudes.* Congrès international des éphémérides astronomiques tenu à l'Observatoire de Paris du 22 au 26 octobre 1911. In-4°, 1912.

PHILADELPHIE. *University of Pennsylvania.* Sixth annual report of the Henry Phipps Institute for the study, treatment, and prevention of tuberculosis. (1908-1910.)

Copenhague. *Zoological Museum of the University.* The Danish Ingolf-Expedition. Vol. V, part. 2. Ctenophora. (Th. Mortensen.) In-4°, 1912.

Garcia Romero (*J.*). La evolución de la naturaleza y el nexo cerebro-espinal. Séville, 1912; in-8° (19 p.).

Darboux (*Gaston*). Éloges académiques et discours. Paris, 1912; in-16 (525 p., portr.).

Oxford. *Radcliffe Observatory.* Meteorological observations. Vol. L, 1906-1910. In-8°, relié, 1912.

Grenander (*Sven*). Ueber das Erscheinen der Seebrise an der Schwedischen Ostküste. Upsal, 1912; in-8° (97 p., carte et planches).

Upsal. *Université.* Bref och skrifvelser of och till Carl von Linné med understoïd of Svenska staten. Afd. I. Del. VI. 1912.

Montevideo. *Instituto nacional físico-climatológico.* Diez años de observaciones meteorológicas en el Observatorio del Prado. (Luis Morandi.) 1911.

Association internationale de sismologie. Comptes rendus des séances de la quatrième conférence de la Commission permanente et de la deuxième assemblée générale, réunies à Manchester du 18 au 21 juillet 1911. (R. de Kövesligethy.) Budapest, 1912; in-4°.

Comité international. (M. Ch. Marie, Paris.) Tables annuelles des constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. Volume I, 1910. Paris, 1912; in-4° (xxxix-727 p.), relié.

II^e Congrès international de botanique. Bruxelles 1910. Actes. Tomes I et II. (E. de Wildeman.) In-4°.

* * *

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 6 juillet 1912.*

Correspondance.

Remerciements des membres récemment élus. — Jubilés de l'Académie des Sciences naturelles de Philadelphie, de l'Université de Lemberg (Léopol), de l'Académie de Bordeaux. — Invitations aux Congrès internationaux : XI^e de zoologie, à Monaco; VI^e d'électrologie et radiologie, à Prague; XII^e géologique, au Canada. — Travaux à l'examen. — Hommages d'ouvrages . . 415

Prix Louis Melsens.

Aucun travail n'a été soumis pour la troisième période 417

Hommage à Théophile Gluge; par C. Vanlair. 417

Rapports.

Avis de MM. De Heen et Verschaffelt (Gammes musicales anciennes et modernes; par Fréd. Hesselgren) 418

Avis de M. Neuberg (Sur la surface focale d'une congruence de courbes; par Lucien Godeaux) 418

Rapports de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin et Demoulin (Sur les cas d'intégrabilité de l'équation $\frac{d^ny}{dx^n} = x^ny$; par Jean Beaupain). 419

Rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige (Les annonces des tempêtes du Service météorologique; par J. Vincent) 419, 420

Rapports de MM. de Hemptinne et Verschaffelt (Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu; par A. Boutaric) 421

Rapport de M. Verschaffelt (Étude graphique des surfaces capillaires, deuxième communication; par Ch. Nicaise) 421

Communications et lectures.

Mathématique de la Bible. — *Note au sujet de la présentation d'un ouvrage sur les nombres de la Bible;* par Charles Lagrange 422

Physique moléculaire. — *Étude graphique des surfaces capillaires* (deuxième communication) (1 pl., 2 fig.); par Ch. Nicaise 437

Physique moléculaire. — *Sur la forme des gouttes liquides* (1 diagr., 1 pl.); par J.-E. Verschaffelt. 451

Météorologie. — *Les annonces de tempêtes du Service météorologique* (9 cartes); par J. Vincent 457

Physique. — *Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu* (1 fig.); par M. Boutaric. 468

Bulletin bibliographique 473

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

SMITHSONIAN INSTITUTION
NOV 22 1937
E.
NATIONAL MUSEUM

1912 — Nº 8

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 3 août 1912.

M. **Ch. Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, Michel Mourlon, P. De Heen, Léon Fredericq, J. Neuberg, Ch.-J. de la Vallée Poussin, F. Swarts, A. Rutot, V. Willem, *membres;* P. Stroobant, G. Lecointe, Émile Marchal et J. Cornet, *correspondants*.

Absences motivées : MM. Mansion, le Paige, Gravis et Pelseneer, membres.

M. le Secrétaire perpétuel notifie la mort d'Henri Poincaré, le 17 juillet dernier.

La mort inopinée d'Henri Poincaré, à l'âge de 58 ans, dit-il, ne pouvait que profondément émouvoir aussi la Classe des sciences qui s'honorait de le compter dans ses rangs, comme associé, depuis le 15 décembre 1902. Et ce sentiment, nous en sommes d'autant plus fiers, que, seul avec Gauss qui fut aussi notre confrère, le monde savant reconnaissait Poincaré comme *Princeps Mathematicorum :* il était le plus haut représentant des mathématiques et de toutes les disciplines qui relèvent du calcul !

La Classe des sciences ne saurait mieux rendre sa pensée en ce moment, qu'en chargeant son Secrétaire perpétuel d'écrire à l'Académie des sciences de Paris, qu'elle s'associe d'esprit et de cœur, non seulement à ses regrets, mais aussi à la douleur du monde savant, au sujet de la disparition du grand Français qui n'a pas seulement honoré sa patrie, mais le monde de la science, lequel reconnaissait en Poincaré la profondeur du génie, la largeur de l'intelligence et la variété dans ses recherches, comme l'a dit si éloquemment son confrère, M. Humbert, de l'Institut. (*Assentiment unanime.*)

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre des Sciences et des Arts transmet une expédition de l'arrêté royal du 20 juin approuvant l'élection de MM. Alex. de Hemptinne et V. Willem en qualité de membres titulaires.

— A la demande de M. le Ministre de l'Industrie et du Travail, une liste de cinq noms est constituée pour la formation du jury qui jugera la neuvième période du prix Guinard.

— Le Comité organisateur du VIII^{e} Congrès préhistorique de France annonce que cette session se tiendra à Angoulême les 18-24 août.

— M. A. Bomsel, ingénieur à Bruxelles, demande à la Classe le dépôt de deux plis cachetés : *Théorème sur la théorie des nombres*. — Accepté.

— Hommages d'ouvrages :

M. Léon Fredericq offre, de la part du professeur C. Gorini, de Milan, une série de sept travaux relatifs à la microbiologie du lait.

M. Ch. Van Bambeke présente, avec une note qui figure ci-après, un ouvrage de M. C. Schuyten intitulé : *La Pédologie*.

— Remerciements.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

M. Léon Fredericq offre, de la part du Professeur Costantini Gorini, de Milan, une série de sept travaux relatifs à la microbiologie du lait. M. Gorini y étudie les propriétés biochimiques d'un groupe de bactéries du lait qu'il a fait connaître sous le nom de *batteri acido-presamigeni* (bactéries productrices d'acide et de présure) et qui attaquent en même temps la lactose et la caséine.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom du D^r M.-C. Schuyten, directeur du Service pédologique et du laboratoire communal de pédologie d'Anvers, un exemplaire de son livre intitulé : *La Pédologie*. L'auteur, par ses nombreuses contributions originales ressortissant à la science de l'enfant, était l'homme tout indiqué pour dissiper la confusion qui existe au sujet de la vraie signification du mot « pédologie » et pour montrer quelle doit être désormais l'orientation à suivre.

L'ouvrage comprend dix chapitres qui correspondent aux grandes divisions sur lesquelles devront porter les travaux pédologiques à venir; il constitue, peut-on dire, la synthèse de ces travaux. Certains chapitres du livre du D^r Schuyten nous intéressent spécialement; tels ceux consacrés à la physiologie de l'enfance, à sa psychologie normale et anormale, à la psychologie animale, à l'anthropologie et à l'histoire de l'enfant. Chaque chapitre comprend la littérature qui y a trait et un résumé de celle-ci prise dans son ensemble. Ces données bibliographiques, très soignées, et qui ont essentiellement rapport aux recherches expérimentales, sont considérées avec raison par l'auteur comme la partie la plus importante de son ouvrage.

Ch. Van Bambeke.

RÉSULTATS DU CONCOURS ANNUEL DE 1912.

Sciences mathématiques et physiques.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de faire l'exposé de nos connaissances, ainsi que des nouvelles recherches expérimentales, sur les actions pondéromotrices des corps électrisés. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire intitulé : *Les actions pondéromotrices des corps électrisés. L'historique, l'état actuel et les nouvelles recherches expérimentales.* Devise : *La source unique de la vérité est l'expérience.*

Commissaires : MM. De Heen, de Hemptinne, Verschaffelt.

QUATRIÈME QUESTION.

Exposer et compléter les recherches faites sur le calcul des variations depuis 1850. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire : *Le calcul des variations depuis 1850.* Devise : *Quidquid contradictionem non implicat, Deus potest* (Saint Thomas).

Commissaires : MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, Mansion, Demoulin.

Sciences naturelles.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles observations l'état de nos connaissances concernant la constitution du massif cambrien de Stavelot.

Les observations nouvelles devront être rapportées sur une carte au 20 000^e. — Prix : 1000 francs.

Un travail : *Observations au sujet du tracé ci-joint* (4 planchettes au 20 000^e de la carte géologique de la région sud-ouest du massif de Stavelot). Devise : *Igne natura renovatur integra.*

Commissaires : MM. Lohest, Mourlon et Cornet.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur la tectonique du Brabant et des régions limitrophes. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire : *La tectonique du Brabant et des régions voisines.* Devise : *La position des roches dépendant des divers mouvements que ces roches ont subis depuis leur formation, on concevra qu'elle a dû varier plus ou moins à chaque dislocation du sol...* (A. Dumont.)

Commissaires : MM. Malaise, Lohest et Mourlon.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le venin d'un animal invertébré. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire : *Recherches expérimentales sur le venin des scorpions des oasis du Sahara.* Devise : *Sunt aries, taurus, gemini, cancer, Leo, virgo.*

Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

Commissaires : MM. L. Fredericq, Willem et Masius.

PRIX AUGUSTE SACRE.

MÉCANIQUE.

(Première période : 1er août 1910-31 juillet 1912.)

M. J. Boulvin, directeur à l'Administration de la Marine, professeur à l'Université de Gand, soumet ses travaux. Le jury est composé de MM. le Paige, Lagrange et Lecointe.

RAPPORTS.

Sur rapport de M. Mansion, les communications de M. Th. Ledent : *Sur les courbes trisectrices,* et de M. Michaux : *Faillite de la métagéométrie,* seront déposées aux archives.

— La Classe vote l'impression d'une communication de M. Oechsner de Coninck : *Sur une manière simple de caractériser l'acroléine.*

Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction; par M. A. Schwers.

Rapport de M P. De Heen.

« M. Schwers poursuit dans cette note ses intéressantes recherches sur l'indice de réfraction.

De même que pour ses précédentes notes sur ce sujet, j'ai l'honneur de proposer l'impression de celle-ci dans le *Bulletin* de l'Académie. » — Adopté.

Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. F. Willaert, S. J.

Rapport de M. C. le Paige.

« J'ai l'honneur de présenter à la Classe une courte note du P. Willaert qui précise, d'après les calculs de M. Van Biesbroeck, certains résultats donnés dans une de ses précédentes communications.

Je prie la Classe d'accueillir dans le *Bulletin* de la séance cette note intéressante. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Chimie. — **Sur la chaleur de formation de quelques composés organiques fluorés** (4^e communication),

par Fréd. SWARTS, membre de l'Académie.

Dans trois communications précédentes, j'ai fait connaître les résultats des déterminations relatives à la chaleur de combustion d'une série de combinaisons aliphatiques fluorées, hydrocarbures, alcool, acides et éthers, amines, puis de dérivés aromatiques fluorés dans l'anneau, comprenant essentiellement des hydrocarbures, ainsi que les trois acides fluorbenzoïques.

Le travail actuel est relatif à la chaleur de combustion des phénols, d'anilines et de nitrodérivés fluorés.

J'ai recherché l'influence que ces groupements exercent sur la variation d'énergie interne qu'amène le remplacement de l'hydrogène par le fluor.

Ce travail est moins complet que je ne l'eusse voulu; les recherches calorimétriques exigent des produits d'une pureté exceptionnelle qu'on ne peut réaliser qu'en disposant d'une quantité de substance assez considérable pour supporter les pertes inhérentes aux méthodes de purification.

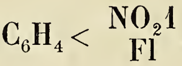
Or la préparation des composés aromatiques fluorés est tout au moins incommode, parfois difficile, puisque nous ne disposons guère, pour l'effectuer, que de la décomposition de diazoïques appropriés par un grand excès d'acide fluorhydrique concentré. Les rendements que l'on réalise sont souvent médiocres; l'opération exige un appareillage spécial qui exclut la possibilité de mettre en œuvre des quantités de matières importantes. D'où la nécessité de faire des opérations répétées.

Aussi ai-je dû consacrer un temps considérable à l'obtention des combinaisons fluorées qui font l'objet du présent travail, et il est quelques corps que j'eusse voulu étudier au point de vue calorimétrique et que je ne suis pas parvenu à préparer en quantité suffisante pour les purifier convenablement; tel est l'o.nitrofluorbenzol. N'ayant pu préparer les grandes quantités de ce nitrodérivé nécessaires à l'obtention des dérivés ofluorés, je n'ai pu malheureusement faire une étude comparée des trois nitro- et des trois aminofluorbenzols.

Parmi les substances sur lesquelles ont porté mes recherches, il en est un certain nombre qui ont déjà été décrites; elles ont été, pour la plupart, obtenues par Holleman et ses élèves; d'autres sont des corps nouveaux.

Je crois préférable de communiquer dans une note spéciale le résultat de mes recherches sur la préparation et les propriétés des combinaisons que j'ai étudiées; je ne donnerai dans le travail actuel que les indications qui permettront éventuellement de les identifier et de justifier de la pureté des échantillons mis en œuvre.

A l'étude des composés fluornitrés aromatiques, j'ai cru intéressant d'ajouter celle de l'éthyle- et de la difluoréthylnitramine. Cette dernière a été décrite par moi dans un travail sur les amines à radical alcoolique fluoré (*).



Métafluornitrobenzol $C_6H_4 < \begin{matrix} NO_2\,1 \\ Fl \end{matrix}$. Poids moléculaire : 141.

Ce composé a été préparé par diazotation de la métanitraniline pure, en présence d'un grand excès d'acide fluorhydrique. Les premières combustions ont été faites sur un produit fondant à + 2°6, point de fusion indiqué par Beekman et Holleman; j'ai reconnu plus tard, en effectuant des purifications sur des masses de substance assez considérables (150 grammes dans une série, 270 grammes dans l'autre), que le point de fusion du méta-

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1904, p. 762.

fluornitrobenzol pur est de + 3°6. Les données calorimétriques 1, 2, 3 et 6 se rapportent à des échantillons fondant à + 3°6, les échantillons 4, 5 fondaient à + 2°6. Je crois que les premiers représentent un produit absolument irréprochable quant à sa pureté.

En effet, ils proviennent de plus de 100 grammes de métafluornitrobenzol qui avait été recristallisé huit fois. Refroidi à 0°, ce produit fut cristallisé par amorçage; le thermomètre se fixa à + 3°6 pendant toute la durée de la cristallisation. 40 centimètres cubes d'eaux mères furent décantées et recristallisées de la même manière; leur point de solidification se maintint à 3°6; j'ai décanté les 6 derniers centimètres cubes restés liquides et repris leur point de solidification; il était encore de + 3°6.

Les combustions 1, 2, 3 et 6 ont été faites sur deux échantillons différents.

On reconnaît, à l'examen du tableau donnant les résultats des combustions que j'ai effectuées, que le produit se solidifiant à + 2°6 a une chaleur de combustion assez sensiblement supérieure à celle du produit pur. C'est sur les résultats obtenus à l'aide de ce dernier que j'ai calculé la chaleur de combustion moyenne. (Voir le tableau p. 484.)

Parafluornitrobenzol $C_6H_4 < {Fl \atop NO_2}$.

Les échantillons brûlés proviennent de trois préparations différentes; un d'entre eux a été obtenu par nitration du fluorbenzol; les trois autres par l'action de l'acide fluorhydrique sur le fluorure de paranitrodiazobenzol; les combustions 2 et 4 ont été faites sur un produit provenant d'une même préparation, mais la combustion 3 a été exécutée sur un produit recristallisé deux fois de plus que celui ayant servi à la combustion 4. Le point de fusion des divers échantillons était de 27°, l'échantillon 4 avait peut-être un point de fusion inférieur de quelques centièmes de degré à celui des autres, mais je ne pourrais l'affirmer d'une manière formelle. (Voir le tableau p. 485.)

Métafluornitrobenzol. Poids moléculaire : 141.04.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids de la pellicule de collodion.	Poids de l'amorce (naphtaline).	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour fil, amorce et HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes								
1	1,4244	0,005	—	—	2762.8	23.9493	21.382	2.5673	0.0256	30.59	5008.4	5010.9
2	1,2282	0,0036	—	0,0158	2763.25	24.2871	22.031	2.2561	0.0185	149.88	5009.1	
3	1,3538	0,0026	—	0,0104	2766.70	23.5948	21.1322	2.4626	0.032	112.13	5015.2	
4	1,1556	0,0051	—	—	2755.1	20.023	17.9172	2.1058	0.0138	28.42	5027.3	
5	1,5914	0,0038	0,0074	—	2784.6	19.6054	17.7232	2.8822	0.0155	52.94	5037.0	
6	1.4817	0,0030	0,0076	—	2791.3	20.0320	17.3801	2.6519	0.0256	37.36	5016.4	
											Moyenne de 1, 2, 3, 6 : 5012.3	706.80

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **706.36 cal.**

Chaleur de formation . . . . **13.14 cal.**

Parafluornitrobenzol. Poids noléculaire : 141.04.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Poids de la naphtaline.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces et HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories)
	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,1010	0,0045	—	—	2764.6	22.2437	20.2660	1.9777	0.016	21.90	4986.2	
2	1,5060	0,0036	—	—	2783.95	20.3593	17.6960	2.6633	0.0284	20.02	4985.2	
3	1,3616	0,0042	—	—	2761.75	21.9337	19.4942	2.4395	0.025	21.14	4985.8	
4	0,9585	0,046	—	—	2762.45	29.9800	18.2480	1.732	0.010	24.5	4994.8	
											Moyenne : 4987.7	**703.26**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **702.82 cal.**

Chaleur de formation . . . . **16.7 cal.**

Métatrifluornitrotoluol CFl_3 - C_6H_4 - NO_2.

J'ai indiqué jadis la préparation de ce corps (¹); le produit qui a servi à mes combustions a été obtenu aux dépens de trifluortoluol le plus pur possible, bouillant à 103°4, absolument constant. Le nitrodérivé a été rectifié dans le vide et soumis en outre à une série de cristallisations fractionnées. Dans le mémoire où j'ai décrit pour la première fois ce corps, je signale qu'il ne se congèle pas à — 20°. J'ai reconnu depuis que le trifluornitrotoluol, devenant un liquide sirupeux à basse température, reste très facilement en surfusion, des traces d'impuretés augmentant fortement cette faculté, mais qu'on peut par amorçage l'amener à cristalliser et que son point de solidification, à l'état pur, s'élève jusque —2° 4 par cristallisations successives. C'est un produit se solidifiant intégralement à 2°,4 qui a servi à mes mesures calorimétriques. (Voir le tableau p. 487.)

Dinitrofluorbenzol Fl C_6H_3 - $(NO_2)_2$ 1. 3. 4.

Préparé par nitration du parafluornitrobenzol, le produit que j'ai brûlé avait été recristallisé six fois de l'alcool; son point de fusion était de 25°8.

Dans toutes les combustions, il y a eu production de charbon; celui-ci a été soigneusement recueilli sur un filtre lavé et pesé; la correction à apporter de ce chef figure dans la colonne 8 du tableau, affectée du signe +. (Voir p. 488).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3ᵉ sér., t. XXXV, p. 386.

Métatrifluornitrotoluol $CFl_3' . C_6H_4 - NO_2$. Poids moléculaire : 191.04.

Numér s.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids de l'amorce de naphtaline.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour fil, amorce et HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,5346	0,003	0,0212	2764.9	18.8806	16.582	2.2986	0.0138	190.15	4043.0	
2	1,6056	0,0031	0,0217	2761.2	18.5133	16.101	2.4113	0.028	228.3	4052.7	
3	1,5221	0,0036	0,0263	2760.9	18.6431	16.3443	2.2988	0.0164	240.8	4040.6	
										Moyenne : 4045.4	**772.67**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **771.36 cal.**

Chaleur de formation . . . . **73.9 cal.**

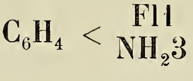
Dinitrofluorbenzol 1.3.4. $FlC_6H_3(NO_2)_2$. Poids moléculaire : 156.

Numéros.	Poids de substance (réduit au vide).	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour fil $+ HNO_3$ et charbon non brûlé.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,6588	0,0036	2789.5	19.2399	17.1233	2.1166	0.0119	- 24.33 + 64.8	3603.5	
2	1,6858	0,0041	2741.7	18.5710	16.3581	2.2129	0.0097	- 26.07 + 8.1	3604.4	
3	1,5729	0,0041	2784.7	18.5655	16.5374	2.0281	0.019	- 31.69 + 7.3	3609.0	
									Moyenne : 3605.6	**670.6**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 669.15 cal.

Chaleur de formation . . . . 15.85 cal.

FLUORANILINES.

Métafluoraniline  $C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{Fl1}{NH_23}$. Poids moléculaire : 111.06.

La métafluoraniline qui a servi à mes mesures calorimétriques a été obtenue aux dépens de métafluornitrobenzol pur, par réduction à l'aide du chlorure stanneux. La purification a porté sur 210 grammes de produit, séché sur du carbonate de potassium. L'aniline brûlée avait un point d'ébullition absolument constant de 186°1 sous 754 millimètres; elle était incolore et est restée telle pendant neuf mois. La combustion 5 a été faite sur un autre échantillon.

Les combustions ont été faites dans un flacon de platine fermé par un opuscule de collodion. (Voir le tableau p. 490.)

Parafluoraniline. Poids moléculaire : 111.06.

Des échantillons provenant de trois préparations différentes ont été brûlés; la combustion 3 a été faite sur le même échantillon que 2; de même pour 4 et 5. Les trois échantillons distillaient à la température constante de 187° sous 753 millimètres. (Voir le tableau p, 491.)

Métafluoracétanilide. $Fl - C_6H_4 - NH - CO - CH_3$.
Poids moléculaire : 153.08.

Le produit brûlé avait comme point de fusion d. 84.6. (Voir le tableau p. 492.)

Parafluoracétanilide. $Fl - C_6H_4 - NH - COCH_3$.
Poids moléculaire : 153.08.

Il a été brûlé deux échantillons différents.
(Voir le tableau p. 493.)

Métafluoraniline Fl . C_6H_4 - NH_2. Poids moléculaire : 111.06.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,2345	0,0036	0,0049	2786.1	19.4837	16.4010	3.0827	0 0343	37.56	7004.1	
2	1,3006	0,0035	0,0040	2785.0	19.4161	16.1719	3.2442	0.0334	26.25	6999.0	
3	1,0344	0,0034	0,0041	2790.1	19.2792	16.7061	2.5731	0.0309	33.78	6992.2	
4	1,1305	0,0036	0,0044	2785.9	21.6290	18.8164	2.8126	0.0373	39.03	6988.9	
5	1,0630	0,0038	0,0062	2794.55	21.082	18.440	2.642	0.0285	41.02	6981.1	
										Moyenne : 6993.0	776.6

Chaleur de combustion sous pression constante. . . . . 777.04 cal.

Chaleur de formation . . . . 11.6 cal.

Parafluoraniline Fl . C_6H_4 - NH_2. Poids moléculaire : 111.06.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Poids de naphtaline.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	0,9078	0,0035	0,0263	2761.1	19.4107	17.0275	2.3832	0.0242	267.9	7029.7	
2	1,1150	0,0031	0,0160	2759.6	19.2848	16.402	2.8828	0.0245	173.5	7039.9	
3	0,9774	0,0034	0,0243	2761.6	19.5512	16.992	2.5592	0.0270	254.2	7047.1	
4	0,8597	0,0035	0,0172	2762.3	19.2453	17.0133	2.2320	0.0255	183.1	7040.6	
5	1,1016	0,0057	—	2787.7	18.9418	16.1660	2.7758	0.0183	30.64	7042.5	
										Moyenne : 7039.9	**781.42**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **781 84 cal.**

Chaleur de formation . . . . **+6.8 cal.**

Métafluoracétanilide $Fl . C_6H_4 - NH . CO . CH_3$. Poids moléculaire : 153.08

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,0294	0,0034	2792.2	19.9196	17.5730	2.3466	0.0167	25.63	6385.4	
2	0,9546	0,0041	2789.7	19.7346	17.5571	2.1745	0.0188	24.73	6383.7	
									Moyenne : 6384.6	**977.35**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 978.09 cal.

Chaleur de formation . . . . 67.9 cal.

Parafluoracétanilide $Fl . C_6H_4 - NH . COCH_3$. Poids moléculaire : 153.08.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	0,8843	0,0049	2785.5	19.5854	17.5610	2.0244	0.0166	18.01	6397.3	
2	0,4388	0,0038	2786.5	19.4881	16.8973	2.5908	0.0276	21.31	6388.1	
3	1,0050	0,004	2785.8	19.6657	17.3773	2.2884	0.0225	22.36	6384.7	
									Moyenne : 6390.0	978.18

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **978.92 cal.**

Chaleur de formation . . . . **67.2 cal.**

FLUORPHÉNOLS.

Orthofluorphénol $Fl\text{-}C_6H_4\text{-}OH$ 1.2. Poids moléculaire : 112.05.

Le produit qui a servi aux mesures calorimétriques a été obtenu aux dépens d'orthofluorphénétol brut et séparé du phénol par distillation fractionnée. Il fut ensuite purifié par cristallisation, jusqu'à obtention d'un point de solidification constant (+ 16°1).

Il a fourni à l'analyse les résultats suivants :

	C	H	Fl
	64.1	4.57	17.06
Calculé :	64.29	4.46	16.97

Des trois fluorphénols que j'ai préparés, l'orthofluorphénol est le plus difficile à obtenir ; je n'ai eu à ma disposition que 32 grammes de substance bouillant de 151° à 152° pour effectuer la purification par cristallisation partielle. Aussi, quoique les résultats analytiques que j'ai obtenus soient pleinement satisfaisants, comme en témoignent les données ci-dessus, je ne suis pas certain que l'orthofluorphénol que j'ai étudié calorimétriquement présentât des garanties de pureté égales à celles de ses deux isomères, car il n'est pas aisé de purifier par cristallisation une petite quantité d'une substance fusible à 16° et qui, comme la plupart des phénols, absorbe l'humidité de l'air.

Il est donc possible que la chaleur de combustion que j'ai trouvée présente une erreur d'une ou deux calories. Malgré cela, il n'est pas douteux que l'orthofluorphénol ait une chaleur de combustion sensiblement supérieure à celle de ses deux isomères.

Orthofluorphénol $Fl . C_6H_4 . OH$. Poids moléculaire : 112.05.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,0871	0,0040	0,0061	2788.1	20.5697	18.1244	2.4453	0.0211	40.55	6288.8	
2	1,0761	0,0044	0,0040	2788.3	20.4000	17.9769	2.4231	0.0186	34.68	6303.8	
3	1,2489	0,0038	0,0055	2788.3	20.4626	17.6441	2.8185	0.0210	36.34	6301.8	
4	1,0262	0,0043	0,0047	2788.3	20.6003	18.0442	2.5361	0.0216	43.85	6293.6	
										Moyenne : 6297.0	**705.26**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **705.55 cal.**

Chaleur de formation . . . . **48.6 cal.**

Métafluorphénol FlC_6H_4OH - 1. 3. Poids moléculaire : 112.05.

Ce phénol a été préparé par décomposition du sulfate de diazonium correspondant. Il a été distillé, puis cristallisé par refroidissement. Le point de fusion des échantillons brûlés, provenant de quatre préparations différentes, est compris entre 13°5 minimum et 13°8 maximum. Je considère comme le plus pur le produit ayant servi aux combustions 5 et 6 ; il a été obtenu par cinq cristallisations fractionnées aux dépens de 137 grammes de métafluorphénol tout à fait incolore bouillant à la température absolument constante de 108°3 sous 69 millimètres de pression ; son point de fusion était de 13°8.

D'autres échantillons, moins purs, ont donné comme chaleur de combustion 6231.3, 6229.4 et 6240.4 calories. (Voir le tableau p. 497.)

Parafluorphénol FlC_6H_4OH (1.4). Poids moléculaire : 112.05.

J'ai préparé ce phénol aux dépens du parafluorphénétol pur par la réaction de Gattermann et estime l'avoir obtenu à un rare degré de pureté. J'ai en effet disposé de quantités de matière assez fortes, et le point de fusion relativement élevé de ce phénol a rendu sa purification par cristallisation assez facile. Ce phénol, ainsi que je le ferai connaître avec plus de détails dans une communication ultérieure, existe sous deux modifications, l'une instable, fusible à 28°5, l'autre stable, fondant à 48°.

C'est la modification stable que j'ai brûlée ; elle fut purifiée par cinq cristallisations successives et maintenue ensuite pendant un mois dans un exsiccateur à P_2O_5. Je conserve depuis plus d'un an deux échantillons de ce phénol qui sont restés absolument incolores ; leur point de fusion est de 48°2. Les données relatives aux mesures calorimétriques faites à l'aide de ces produits sont celles des n^os^ 4, 5, 6 ; les données des n^os^ 1, 2 et 3 sont relatives à des échantillons moins purs, fondant à 47°5. (Voir le tableau p. 498.)

Métafluorphénol Fl . C_6H_4 - OH. Poids moléculaire : 112.05.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide). Grammes.	Poids du fil. Grammes.	Poids de naphtaline. Grammes.	Poids du collodion. Grammes.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
1	1,0348	0,003	0,0256	—	2773.4	20.0451	17.6425	2.4026	0.0128	266.35	6216.6	
2	0,9008	0,0027	0,0187	—	2776.6	20.4061	18.3434	2.0637	0.0257	195.03	6220.8	
3	0,9457	0,0030	0,0257	—	2770.15	19.4082	17.2075	2.2007	0.0197	269.2	6219.3	
4	1,3030	0,0028	0,0213	—	2775.85	21.3444	18.4094	2.9350	0.0565	216.0	6214.4	
5	1,2659	0,0035	—	0,0089	2785.6	22.4056	19.5912	2.8144	0.0244	41.75	6211.5	
6	1,1772	0,0043		0,0068	2785.1	21.6854	19.0752	2.6102	0.0281	39.85	6209.0	
											Moyenne : 6215.3	696.11

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 696.4 cal.

Chaleur de formation . . . . 57 7 cal.

Parafluorphénol Fl . C_6H_4OH. Poids moléculaire : 112.05.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire (en grandes calories).
	Grammes	Grammes.	Grammes.								
1	1,1317	0,0052	0,0027	2788.1	20.4849	17.9665	2.5185	0.0265	41.28	6233.4	
2	1,1437	0,0050	0,0034	2788.0	19.5820	17.0235	2.5585	0.0178	39.70	6245.5	
3	0,9895	0.0046	0,0064	2787.4	20.0637	17.8490	2.2146	0.0188	47.45	6242.7	
4	1,1680	0,0034	0,0027	2787.85	20.9063	18.3088	2.5975	0.0196	30.40	6219.1	
5	1,0013	0,0029	0,0071	2786.4	18.8936	16.6632	2.2304	0.0175	36.4	6218.4	
6	1,0044	0,0038	0,0076	2789.7	19.4778	17.2414	2.2364	0.0177	44.	6216.9	
										Moyenne de 4, 5, 6 : 6218.1	**696.42**

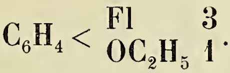
Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 696.72 cal

Chaleur de formation à l'état solide. . . . . 57.4 cal.

ω *Trifluorcrésol* 1. 3. $CFl_3 - C_6H_5OH$. Poids moléculaire : 162.

Préparé par diazotation de la trifluortoluidine, ce phénol a été également purifié par distillation, puis par cristallisations répétées, suivies d'essorages dans un courant d'air sec. Le trifluorcrésol ayant servi aux combustions avait le point de fusion — 4°9; l'échantillon pesait 24 grammes et a cristallisé entièrement entre — 4°9 et — 5°, la température extérieure étant de — 7°. (Voir tableau p. 500.)

Phénétols.


Métafluorphénétol $C_6H_4 < \begin{matrix} Fl & 3 \\ OC_2H_5 & 1 \end{matrix}$. Poids moléculaire : 140.1.

Ce produit a été préparé aux dépens de métafluorphénol pur, par l'action successive de l'alcoolate de sodium et de l'iodure d'éthyle. Je l'ai purifié par distillation fractionnée. Il bout à 171°4 (corr.). Un échantillon a en outre été soumis à une série de trois cristallisations fractionnées, par refroidissement et essorage des eaux mères. Comme les données calorimétriques ci-jointes le démontrent, cette purification supplémentaire n'a pas modifié la chaleur de combustion : les combustions 1 et 2 se rapportant au produit distillé donnent des résultats identiques à ceux qu'a fournis le phénétol cristallisé (3 et 4). (Voir tableau p. 501.)

ω *Trifluorcrésol* $CFl_3 . C_6H_4 - OH$. Poids moléculaire : 162.05.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide)	Poids du fil	Poids de naphtaline.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes	Grammes.	Grammes.								
1	2,0264	0,005	—	2788.6	19.5055	16.0917	3.4138	0.0210	25.9	4713.9	
2	1,3528	0,0027	0,016	2770.2	19.0486	16.728	2.3206	0.0406	171.65	4710.0	
3	1,4963	0,0032	0,0208	2785.5	20.2866	17.7008	2.5868	0.0213	219.13	4708.8	
										Moyenne : 4710.9	**763.13**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 763.13 cal

Chaleur de formation. 116.9

Métafluorphénétol Fl . C_6H_4 - OC_2H_5. Poids moléculaire : 140.1.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
1	Grammes. 0,9375	Grammes. 0,0036	Grammes. 0,0047	2787.0	20.4847	18.050	2.4347	0.0243	30.28	7277.8	
2	0 8493	0,0034	0,0046	2788.4	20.9440	18.7361	2.2049	0.0229	28.99	7275.8	
3	0,9365	0,0038	0,0044	2788.3	21.3732	18.8481	2.4251	0.0351	32.61	7279.6	
4	0,9310	0,0041	0,0024	2784.2	21.5117	19.0992	2.4125	0.0300	30.34	7271.8	
										Moyenne : 7276.2	1019.39

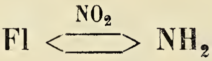
Chaleur de combustion sous pression constante . . . . 1020.4 cal.

Chaleur de formation . . . . 60.3 cal.

Parafluorphénétol Fl C_6H_4-OC_2H_5. Poids moléculaire : 140.1.

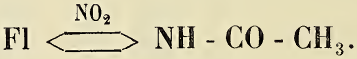
J'ai préparé ce composé par diazotation de paraphénitidine en présence d'un grand excès d'acide fluorhydrique. Le phénétol obtenu fut rectifié au grand déphlegmateur de Sydney-Young. Il a distillé après deux rectifications entre 172°7 et 172°75 sous 762 millimètres. Ce liquide, dont le point de solidification était de — 11°, fut soumis à dix-sept cristallisations successives; j'obtins ainsi finalement un produit ayant le point de solidification constant et uniforme de — 8°5. Les combustions dont je donne les résultats ont été faites : les combustions 1 et 2 à l'aide des cristaux obtenus au début de la cristallisation, les combustions 3 et 4 sur leurs eaux mères. Les résultats obtenus sont identiques. (Voir tableau p. 503.)

COMBINAISONS FLUORNITRÉES RENFERMANT UNE TROISIÈME FONCTION.

Fluornitraniline 

$\mathrm{Fl} \overset{NO_2}{<\!\!=\!\!=\!\!>} NH_2$. Poids moléculaire : 156.

J'ai préparé cette aniline suivant la méthode décrite par Holleman et l'ai purifiée par cristallisations répétées de l'eau, puis d'alcool aqueux. Le produit brûlé avait un point de fusion de 96°5; les combustions ont été exécutées sur deux échantillons différents, provenant de deux cristallisations successives. (Voir le tableau p. 504.)

Fluornitracétanilide 

$\mathrm{Fl} \overset{NO_2}{<\!\!=\!\!=\!\!>} NH$ - CO - CH_3.

Poids moléculaire : 198.1.

Cette anilide a été obtenue par l'action de l'anhydride acétique sur l'aniline correspondante. Son point de fusion est de 138°9. (Voir le tableau p. 505.)

Parafluorphénétol $Fl . C_6H_4 . OC_2H_5$. Poids moléculaire : 140.1.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Delta\Sigma t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calorie.)
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	0,9964	0,0035	0,0035	2786.5	20.1618	17.5612	2.6006	0.0220	29.91	7303.6	
2	0,0595	0,0043	0,0040	2786.2	21.8181	19.0608	2.7573	0.0300	35.64	7296.2	
3	1,0128	0,0041	0,0063	2788.3	20.8059	18.1650	2.6409	0.0278	42.16	7305.5	
4	1,0339	0,0034	0,0082	2789.0	21.1085	18.4168	2.6917	0.0267	43.55	7289.9	
										Moyenne : 7298.7	**1022.65**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **1023.65 cal.**

Chaleur de formation . . . . **57.05 cal.**

Fluornitraniline 1 . 3 . 4. Poids moléculaire : 156.05.

Numéros.	Poids de substance (ramené au vide).	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Delta\Sigma t$.	Correction pour amorces + HNO_3 + charbon non brûlé.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,2164	0,0043	2786.8	21.2574	19.218	2.0394	0.0199	- 23.64 + 35.64	4728.0	
2	1,201	0,0034	2785.5	21.4275	19.412	2.0155	0.0161	- 17.52 + 36.1	4727.3	
3	1,1787	0,0023	2790.2	21.4144	19.4423	2.9710	0.0222	- 15.85 + 25.2	4727.0	
4	1,2314	0,0046	2788.8	21.5434	19.488	2.0554	0.0129	+ 68.04 - 23.30	4720.5	
									Moyenne : 4725.9	**737.16**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **736.58 cal.**

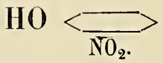
Chaleur de formation . . . . **+ 17.8 cal.**

Fluornitracétanilide. 1.3.4. Poids moléculaire : 198.1.

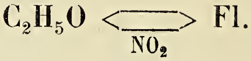
Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$	$\Delta\Sigma t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories)
1	Grammes 1,3937	Grammes. 0,0052	2797.4	23.4282	21.0854	2.3428	0.0220	32.02	4723.7	
2	1,5314	0,0048	2784.9	22.2886	19.7071	2.5815	0.0217	28.61	4739.1	
3	1,5563	0,0044	2797.	22.4822	19.8771	2.6057	0.0237	24.1	4720.0	
									Moyenne : 4727.8	936.57

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **935.98 cal.**

Chaleur de formation . . . . **75.7 cal**

Nitrofluorphénol  $HO\underset{NO_2}{<\!\!\!=\!\!\!>}Fl$. Poids moléculaire : 157.

J'ai obtenu le nitrofluorphénol 1, 2, 5 de deux manières différentes : par nitration du parafluorphénol et par saponification du phénétol correspondant à l'intervention de l'acide bromhydrique en solution acétique. Les deux produits avaient même point de fusion (73°7) : les résultats des combustions de ces deux échantillons concordent d'une manière très satisfaisante. Les combustions 1, 2 et 3 se rapportent au produit obtenu par nitration directe, les n^{os} 4 et 5 au phénol préparé aux dépens du nitrofluorphénétol. (Voir le tableau p. 507.)

Nitrofluorphénétol  $C_2H_5O\underset{NO_2}{<\!\!\!=\!\!\!>}Fl$.

Poids moléculaire : 185.1.

Les échantillons étudiés calorimétriquement proviennent de la nitration du parafluorphénétol par le nitrate d'acétyle; ils ont été recristallisés cinq fois de l'alcool. Leur point de fusion est de 33°7. Des quatre combustions dont je donne le détail, les combustions 3 et 4 ont été faites sur le produit 1 et 2 recristallisé encore deux fois. (Voir tableau p. 508.)

Nitrofluorphénol 1.2.5. Poids moléculaire : 157.04.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé)	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,5215	0,0033	2784.0	21.9021	19.2395	2.2626	0.0222	21.65	4165.9	
2	1,5173	0,0033	2785.7	21.2655	19.0043	2.2612	0.0162	21.66	4166.0	
3	1,5291	0,0041	2786.0	21.0267	18.7547	2.2720	0.0185	24.40	4157.3	
4	1,4391	0,0038	2788.5	21.1675	19.0225	2.1450	0.012	23.80	4168.0	
5	1,1080	0,0032	2785.5	29.2248	17.5771	1.6477	0.0121	20.53	4154.7	
									Moyenne : 4161.9	**653.42**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **652.7 cal.**

Chaleur de formation. . . . . **66.9 cal.**

Nitrofluorphénétol 1 . 2 . 5. Poids moléculaire : 185.1.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour fil + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,2222	0,0037	2785.1	20.394	18.0822	2.3118	0.0256	26.26	5304.9	
2	1,1507	0,0034	2786.3	19.9249	17.7389	2.1860	0.0144	32.38	5299.7	
3	1,1500	0,0028	2786.2	21.1514	18.9789	2.1725	0.0207	16 43	5299.3	
4	1,2465	0,0037	2795.7	29.6480	17.2910	2.357	0.0175	26.38	5304.7	
									Moyenne : 5302.1	**981.41**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **981.56 cal.**

Chaleur de formation . . . . **64.7 cal.**

Difluoréthyle-nitramine $CHFl_2$ - CH_2 - NH (NO_2).

Poids moléculaire : 126,05.

J'ai décrit antérieurement la préparation de ce corps : pour le purifier d'une façon complète, je l'ai transformé en son dérivé barytique, lequel a été cristallisé trois fois de l'alcool, puis séché dans le vide et décomposé par l'acide sulfurique étendu. En extrayant par l'éther, puis en distillant ce dernier, j'ai obtenu de la nitramine pure que j'ai encore soumise à trois cristallisations fractionnées. Le produit brûlé fondait à 22°5. (Voir tableau p. 510.)

Éthyle-nitramine. Poids moléculaire : 90,07.

Cette nitramine a été préparée d'après la méthode de Franchimont. Je l'ai purifiée en la transformant en son sel barytique que j'ai soumis à plusieurs cristallisations fractionnées. Le sel pur fut ensuite décomposé par H_2SO_3 étendu. La nitramine ainsi obtenue a été congelée à plusieurs reprises; son point de fusion était de +6°. J'en ai brûlé deux échantillons différents; les combustions 3 et 4 ont été faites sur le produit ayant servi aux combustions 1 et 2, mais que j'ai soumis à une nouvelle congélation partielle.

Dans trois combustions, il y a eu production de charbon; celui-ci a été recueilli et pesé; la correction nécessaire a été apportée aux résultats des combustions; elle figure dans le tableau affectée du signe — . (Voir tableau de la p. 511.)

Difluoréthyle-nitramine $CHFl_2 . CH_2 - NH . NO_2$. Poids moléculaire : 126.04.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids de naphtaline.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,5400	0,0034	0,0243	2760.4(²)	23.346	21.980	1.3681	0.0095	238.57	2311.9	
2	1,8025	0,0032	0,0213	2761.5	22.5825	21.0002	1.5823	0.0056	212.6	2312.5	
3	1,6353	0,004	0,0189	2764.4	22.5535	21.1307	1.4228	0.0089	204.36 - 30.78(¹)	2314.1	
										Moyenne : 2312.8	**291.41**

(¹) Dans la combustion (3) il y a eu production de charbon; ce dernier a été recueilli sur un filtre taré et pesé; son poids atteignait 0gr0038, il y a lieu d'ajouter à la chaleur de combustion 30.78 cal.

(²) Ces combustions ayant été faites en août 1911, il m'a été impossible de maintenir la température du local au-dessous de 20°; la température de l'eau dépassant sensiblement 18°, la valeur en eau du calorimètre a été corrigée en tenant compte de la variation de chaleur spécifique de l'eau. — Il en a d'ailleurs été de même pour toutes les mesures relatées dans ce travail lorsque la température de l'eau dépassait 20°.

Chaleur de combustion sous pression constante	**290.54 cal.**
Chaleur de formation	**44 66 cal**

Ethyle nitramine CH_3 - CH_2 - FH . NO_2. Poids moléculaire : 90.06.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorce + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.								
1	1,3795	0,0038	2789.7	19.8280	17.7734	2.0546	0.0101	26.56	4152.9	
2	1,3184	0,0036	2789.0	19.7556	17.8188	1.9428	0.0101	21.12 -22.68	4132.6	
3	1,4545	0,0041	2789.7	19.8250	17.6828	2.1422	0.0116	22.58 -41.1	4143.0	
4	1,4091	0,0043	2786.8	20.9059	18.8211	2.0848	0.0168	24.2 - 3.3	4141.5	
									Moyenne : 4142.5	**372.82**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **372.53 cal**

Chaleur de formation . . . . **23.1 cal.**

Pour pouvoir comparer les chaleurs de combustion des composés fluorés que j'ai étudiés avec celles des combinaisons hydrogénées correspondantes, j'ai dû déterminer quelques-unes de ces dernières, soit qu'elles ne fussent pas connues, soit que les mesures antérieures ne me parussent pas complètement sûres.

C'est ainsi que pour le phénétol on ne trouve dans la littérature que les données de Stohmann, qui assigne à ce corps une chaleur de combustion de 105.7 calories. Seulement Stohmann a établi cette chaleur de combustion par la méthode au chlorate de potassium, laquelle ne donne pas toutes garanties. Aussi la chaleur de combustion du phénétol qu'il a trouvée ne concorde-t-elle pas avec celle de l'anisol, déterminée ultérieurement par le même savant, à l'aide de la bombe calorimétrique. La chaleur de combustion de l'anisol est de 905 calories; celle du phénétol devrait donc lui être supérieure de 156 calories environ et atteindre 1060 calories.

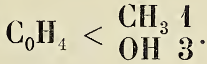
De même la chaleur de combustion du métacrésol, établie par Stohmann, par le procédé au chlorate, et trouvée par lui égale à 88.1 calories, est certainement trop faible, car la chaleur de combustion du phénol solide étant de 735.9 et sa chaleur de fusion de 2.3 calories, la chaleur de combustion du métacrésol liquide doit être d'environ $738.2 + 156 = 894$ calories.

Je donne ci-dessous le résultat des déterminations calorimétriques relatives à ces composés. D'autre part, j'ai déterminé les chaleurs de combustion d'une série de dérivés nitrés, tant en vue de trouver des termes de comparaison avec les produits de substitution fluorée correspondants que pour compléter quelque peu nos connaissances thermochimiques sur les dérivés nitrés. J'ai réuni l'ensemble des résultats acquis dans cette recherche en une note spéciale et me bornerai ici à signaler les données thermochimiques qu'il y aura lieu de comparer à celles des composés fluorés similaires.

Phénétol $C_6H_5 - OC_2H_5$.

J'ai acheté le produit chez Kahlbaum. Après l'avoir agité plusieurs fois avec une solution étendue de soude caustique, puis d'acide chlorhydrique, je l'ai séché et rectifié au déphlegmateur de Syding Young à six éléments, jusqu'à ce que l'échantillon distillât intégralement à la température constante de 172° à 0°05 près. Il fut ensuite conservé pendant plusieurs mois sur $CaCl_2$ et rectifié une dernière fois avant la combustion. (Voir le tableau p. 514.)

Le résultat auquel je suis arrivé est donc supérieur de 3 calories à celui qu'avait obtenu Stohmann ; il concorde, par contre, parfaitement avec la chaleur de combustion de l'anisol.



Métacrésol $C_0H_4 < \begin{matrix} CH_3 & 1 \\ OH & 3 \end{matrix}$.

J'ai préparé ce phénol par diazotation de la métatoluidine pure (*) qui m'avait servi aux mesures calorimétriques faites sur les dérivés de l'aniline. Un autre échantillon a été acheté chez Kahlbaum. Les deux produits ont été purifiés par distillation, suivie de cristallisations fractionnées. Ces dernières ont été répétées jusqu'à ce que le point de solidification restât constant; il était le même pour les deux échantillons, soit + 4°.

Les données calorimétriques fournies par les deux produits sont concordantes dans la limite des erreurs de méthode. Les combustions 1 et 2 ont été faites sur le produit préparé par moi, 3 et 4 sur le produit Kahlbaum. (Voir tableau p. 515.)

La chaleur de combustion que j'ai trouvée est donc supérieure de 14 calories à celle qu'a déterminée Stohmann ; elle concorde, par contre, parfaitement avec la chaleur de formation du phénol liquide.

Je n'ai pas déterminé la chaleur de combustion des deux autres crésols, mais comme Stohmann a obtenu pour les trois crésols des chaleurs de combustion sensiblement égales, il est probable que l'ortho- et le paracrésol ont aussi des chaleurs de combustion voisines de 895 calories.

(*) F. Swarts, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1909, p. 48.

Phénétol. Poids moléculaire : 122.1.

Numéros.	Poids de substance.	Poids du fil.	Poids du collodion.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	0,7921	0,0032	0,0038	2766.8	21.4789	19.0100	2.4689	0.0256	28.51	8677.0	
2	0,9060	0,0029	0,0051	2763.0	21.7829	18.9509	2.8320	0.0236	31.91	8673.4	
3	0,8885	0,0035	0,0065	2762.1	31.7064	18.9208	2.7856	0.0177	37.46	8672.2	
										Moyenne : 8674.2	**1059.12**

Chaleur de combustion sous pression constante . . . . **1060.27 cal.**

Chaleur de formation . . . . **39.13 cal.**

Métacrésol $CH_5 - C_6H_4 - OH$. Poids moléculaire : 108.08.

Numéros	Poids de substance.	Poids de naphtaline.	Poids du fil.	Valeur en eau du calorimètre.	ϑ_n (corrigé).	ϑ_0 (corrigé).	$\vartheta_n - \vartheta_0$.	$\Sigma\Delta t$.	Correction pour amorces + HNO_3.	Chaleur de combustion par gramme (en petites calories).	Chaleur de combustion moléculaire sous volume constant (en grandes calories).
	Grammes.	Grammes.	Grammes.								
1	1,1628	0,0147	0,003	2775.1	23.0686	19.5811	3.4875	0.0407	160.89	8278.5	
2	1,0397	0,0127	0,0032	2781.6	21.6486	18.5390	3.1078	0.045	140.82	8301.1	
3	1,0807	—	0,0042	2785.6	19.4859	16.302	3.1839	0.0309	23.49	8302.6	
4	0,8897	0,0159	0,003	2782.65	20.8635	18.1728	2.6907	0.0185	170.97	8279.1	
										Moyenne : 8290.3	896 01

Chaleur de combustion sous pression constante à l'état liquide) . . . 895 14 cal.

Chaleur de formation. . . . . 41.00 cal.

COMPOSÉS HYDROGÉNÉS.	CHALEUR de combustion.	CHALEUR de formation.	COMPOSÉS FLUORÉS.	CHALEUR de combustion.	CHALEUR de formation.	DIFFÉRENCES des chaleurs de formation.
$C_6H_5 - NO_2$.	733.4 Cal. (Swarts).	+ 5.1 (Petit). + 4.9 (liquide) (Swarts).	$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NO_2 & 3 \end{smallmatrix}$ (liquide)	706.36	13.1	8.0 8.2
		+ 7.8 (solide). + 8.0	$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NO_2 & 4 \end{smallmatrix}$ (solide).	702.83	+ 16.7	+ 8.9 8.7
$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} NO_2 & 1 \\ NO_2 & 3 \end{smallmatrix}$	695.15 (Swarts).	+ 8.6	$C_6H_4 \leqslant \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NO_2 & 2 \\ NO_2 & 4 \end{smallmatrix}$	669.15	15.85	7.2
$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} CH_3 & 1 \\ NO_2 & 3 \end{smallmatrix}$	889.9 (Swarts).	+ 11 1	$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} CH_3 & 1 \\ NO_2 & 3 \end{smallmatrix}$	771.36	73.9	62.8 21 × 3
$C_6H_5NH_2$.	816.76 (Swarts.	- 9.46	$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NH_2 & 3 \end{smallmatrix}$	777.34	11.6	+ 21.0
			$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NH_2 & 4 \end{smallmatrix}$	781.84	+ 6.8	+ 16.23
$C_6H_5NH - COCH_3$.	1016.8 (Berthelot).	48.1	$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NH - COCH_3 & 3 \end{smallmatrix}$	978.00	67.9	19.8
			$C_6H_4 < \begin{smallmatrix} Fl & 1 \\ NH - CO . CH_3 & 4 \end{smallmatrix}$	978.92	67.2	19.1

C_6H_5OH.	735.9 (Berthelot).	36.8 (solide). 34.5 (liquide).	$C_6H_4 < \substack{Fl \\ OH} \ \substack{1 \\ 2}$	705.55 (liquide)	48.6	14.1
			$C_6H_4 < \substack{Fl \\ OH} \ \substack{1 \\ 3}$	696.4 (liquide)	57.7 liquide.	23.2
			$C_6H_4 < \substack{Fl \\ OH} \ \substack{1 \\ 4}$	696.72 (solide)	57.4	20.6
$C_6H_5 - OC_2H_5$.	1060.7 (Swarts).	39.13	$C_6H_4 < \substack{Fl \\ OC_2H_5} \ \substack{1 \\ 3}$	1020.4	60.3	21.2
			$C_6H_4 < \substack{Fl \\ OC_2H_5} \ \substack{1 \\ 4}$	1023.65	57.05	16.9
$C_6H_4 < \substack{CH_3 \\ OH} \ \substack{1 \\ 3}$	895.14 (Swarts).	41	$C_6H_4 < \substack{CFl_3 \\ OH} \ \substack{1 \\ 3}$	763.13	116.9	25.3 × 3
$C_6H_4 < \substack{OH \\ NO_2} \ \substack{1 \\ 2}$	688.2 (Matignon)	50.1	$C_6H_3 \lessdot \substack{OH \\ NO_2 \\ Fl} \ \substack{1 \\ 2 \\ 4}$	652.7	66.9	16.8
$C_6H_5 < \substack{OC_2H_5 \\ NO_2} \ \substack{1 \\ 2}$	1021.9 (liquide). (Swarts).	43.4 (liquide). 46.7 (solide).	$C_6H_3 \lessdot \substack{OC_2H_5 \\ NO_2 \\ Fl} \ \substack{1 \\ 2 \\ 4}$	981.56	64.7	18
$C_6H_4 < \substack{NH_2 \\ NO_2} \ \substack{1 \\ 3}$	765.75 (Swarts).	+ 2.6	$C_6H_3 \lessdot \substack{NH_2 \\ NO_2 \\ Fl} \ \substack{1 \\ 3 \\ 4}$	736.58	17.8	15.2
$C_6H_4 < \substack{NH . CO . CH_3 \\ NO_2} \ \substack{1 \\ 3}$	970.18 (Swarts).	60.8	$C_6H_3 \lessdot \substack{NH - COCH_3 \\ NO_2 \\ Fl} \ \substack{1 \\ 3 \\ 4}$	935.98	75.7	14.9
$CH_3 - CH_2 - NH - NO_2$	372.5 (Swarts).	23.1	$CHFl_2 - CH_2 - NH - NO_2$	290.54	67.76	22.3 × 2

Le tableau précédent, pages 516 et 517, permet de comparer entre elles les chaleurs de combustion et de formation des composés fluorés avec celles des combinaisons hydrogénées correspondantes, ainsi que, dans une certaine mesure, les chaleurs de combustion des différents isomères. Ainsi que je l'ai déjà fait observer dans la partie introductive de ce travail, l'ensemble des résultats que j'ai réunis est, à ce dernier point de vue, malheureusement incomplet : un grand nombre d'orthodérivés manquent.

Je crois cependant que, tel qu'il est, ce tableau comparatif permet des constatations intéressantes.

Tout d'abord, il fait ressortir une fois de plus qu'il est inexact d'admettre que des isomères ont même chaleur de combustion. La comparaison entre les trois fluorphénols, les deux fluoranilines est, à cet égard, des plus démonstratives ; les différences sont de beaucoup supérieures à celles qui peuvent résulter des erreurs expérimentales.

Mais le point le plus saillant dans le résultat de mes recherches, celui d'ailleurs en vue duquel j'ai entrepris ce travail systématique, est l'influence considérable de la nature des substituants sur la variation d'énergie interne qu'entraîne le remplacement de l'hydrogène par le fluor.

J'ai montré, dans un travail précédent (*), que la substitution de l'hydrogène par le fluor dans le noyau benzénique d'un hydrocarbure aromatique augmente la chaleur de formation de 14 calories, dans une chaîne aliphatique l'augmentation atteignant 22 calories.

J'avais déjà établi aussi que, dans les composés gras, le voisinage de l'hydroxyle n'a pas d'influence sérieuse sur la variation d'énergie qu'amène la substitution de l'hydrogène par le fluor, tandis que le carboxyle a une action déprimante, le groupement NH_2 une action exaltatrice (**), le premier diminuant la variation

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1907, p. 941.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, p. 557, 1906, et p. 26, 1909.

d'énergie interne de 3.5 calories environ, dans les dérivés où le fluor et CO_2H sont fixés au même atome de carbure, le groupement NH_2 dans les éthylamines fluorées en 2 augmentant la variation d'énergie interne de 3 calories.

Dans les composés aromatiques fluorés dans le noyau, je n'avais étudié que l'influence du méthyle et du carboxyle. Pour le premier, cette influence est nulle, pour le second, elle est plutôt exaltatrice ; si les acides ortho- et parafluorbenzoïques ont des chaleurs de formation supérieures de 14 calories à celle de l'acide benzoïque, l'acide métafluorbenzoïque a, par contre, une chaleur de formation plus élevée de 16.8 calories.

Dans la série de combinaisons dont l'étude thermochimique fait l'objet du présent travail, j'ai étudié surtout l'influence des groupes NO_2, OH et NH_2, dans les différentes positions qu'ils occupent par rapport au fluor.

On constate, en ce qui concerne le premier, une action déprimante considérable sur la chaleur de formation du composé fluoré, laquelle n'est plus supérieure que de 8 à 9 calories à celle du composé hydrogéné correspondant ; l'écart est inférieur de 6 calories à celui que l'on observe pour la substitution fluorée dans l'hydrocarbure.

Ce résultat confirme les observations de Holleman et Beekman sur le peu de stabilité des dérivés fluonitrés aromatiques (*) vis-à-vis de l'ammoniaque et de la potasse alcoolique, le fluor y étant remplacé par NH_2 ou OH et plus facilement que le chlore.

Le para- et le métafluornitrobenzol doivent avoir, à l'état solide, une réserve d'énergie interne sensiblement égale ; l'orthofluornitrobenzol, que je n'ai pu obtenir en quantité suffisante pour le purifier convenablement, a probablement, étant donné sa très médiocre stabilité, une chaleur de formation un peu moindre. Cette supposition est corroborée par le fait que le

---

(*) *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique,* t. XXIII, pp. 225 et 257.

dinitrofluorbenzol 1, 3, 4, dans lequel un des groupements NO_2 est en orthoposition par rapport au fluor, a une chaleur de formation supérieure seulement de 7.2 calories à celle du dinitrobenzol.

De plus, si nous comparons la chaleur de formation du métadinitrobenzol à celle du nitrobenzol, nous constatons que l'introduction du second groupement NO_2 élève la chaleur de formation de 0.8 calorie; si le voisinage immédiat de Fl et NO_2 n'avait aucune influence déprimante sur la chaleur de formation du fluordinitrobenzol 1, 2, 4, celle-ci devrait être de $16.7 + 0.8 = 17.5$ calories, tandis qu'elle est inférieure de 1.6 calorie à cette valeur.

J'aurai à revenir plus loin, à propos des composés ternaires, sur la diminution des chaleurs de formation des composés fluorés qu'entraîne la présence du radical NO_2.

Par contre, l'hydroxyle et le radical NO_2 augmentent notablement l'énergie dégagée dans la substitution du fluor à l'hydrogène, au point que dans le métafluorphénol la différence des chaleurs de formation atteint 23 calories, c'est-à-dire la valeur que j'ai trouvée pour les chaînes grasses hydrocarbonées.

Alors que l'étude thermochimique des amines et des alcools fluorés gras avait montré que dans ces cas le groupement NH_2 a une influence exaltatrice supérieure à celle de OH, dans le noyau benzénique nous observons un phénomène inverse.

Le groupe des phénols fluorés est le seul dans lequel j'ai pu étudier calorimétriquement les trois isomères. Nous y reconnaissons que le métafluorphénol est de loin celui dont la chaleur de formation est la plus forte; puis vient le para dérivé, enfin l'orthofluorphénol dont la chaleur de formation n'est supérieure que de 14 calories à celle du phénol. L'hydroxyle dans l'orthoposition n'a donc pas ici d'influence sur la variation d'énergie qu'amène la substitution fluorée, puisque les chaleurs de formation du benzol et du fluorbenzol diffèrent également de 14 calories.

Cette influence considérable de OH dans la métaposition se retrouve dans le métatrifluorcrésol, dont la chaleur de formation est supérieure de $75.9 = 25.3 \times 3$ à celle du métacrésol, alors que la chaleur de formation du trifluortoluol dépasse seulement de $67.5 = 3 \times 22.5$ celle du toluol.

La substitution de l'hydrogène phénolique par l'éthyle diminue de 3 calories environ l'incrément dû à la présence de l'hydroxyle dans le méta et le parafluorphénétols.

Des deux fluoranilines que j'ai étudiées, c'est aussi le méta-dérivé qui possède la chaleur de formation la plus élevée; la substitution de l'acétyle à l'hydrogène dans le groupement NH_2 diminue légèrement la différence des chaleurs de formation par la métafluoraniline, mais, fait anormal, entre les chaleurs de formation de la parafluoracétanilide et l'acétanilide il y a une différence plus grande (19 calories) que celle que j'ai constatée pour les anilines elles-mêmes (19 calories au lieu de 16.2).

Il est possible que la chaleur de formation de l'acétanilide donnée par Berthelot soit trop basse; je me propose de vérifier à nouveau cette donnée thermochimique.

Parmi les combinaisons fluorées renfermant trois substituants différents, je n'ai étudié qu'un petit nombre de dérivés nitrés.

Pour la parafluoraniline nitrée et son anilide portant le groupement NO_2 en orthoposition par rapport au fluor, on constate une forte dépression dans la chaleur de formation, due à la présence du radical NO_2 : elle atteint 5.6 calories pour l'aniline, 4.9 calories pour l'anilide; elle est du même ordre que celle que provoque NO_2 dans le fluorbenzol.

Dans le fluornitrophénol, cette dépression n'est plus que de 3.8 calories; il faut remarquer que Fl et NO_2 y sont dans la position 1.3.

Par contre, dans le fluornitrophénétol, la dépression fait place à une légère exaltation (1.1 calorie). Cette anomalie me paraît trouver une explication dans le fait, établi par Hantsch, que les nitrophénols ont une constitution différente de celle des phénétols incolores.

Deux composés nitrés aliphatiques ont fait aussi l'objet de mes recherches : la nitroéthylamine et sa difluoréthylnitramine. La différence de leurs chaleurs de formation est de 44.6 calories, alors que pour les amines non nitrées cette différence atteint 46.5 calories. Ici encore l'influence déprimante du groupement NO_2 sur la chaleur dégagée dans la substitution de l'hydrogène par le fluor se manifeste nettement, quoique d'une manière moins prononcée que chez les anilines.

En condensant l'ensemble des résultats que m'a fournis l'étude calorimétrique des composés aromatiques fluorés à fonctions multiples, on constate que des cinq substituants dont j'ai étudié l'influence : à savoir CH_3, CO_2H, NO_2, OH et NH_2, le premier ne modifie guère la chaleur de substitution du fluor à l'hydrogène; le carboxyle ne manifeste d'action que dans la métaposition et ce en élevant la chaleur de substitution ; NO_2 a une influence déprimante très prononcée ; NH_2 et plus encore OH augmentent au contraire fortement la variation d'énergie interne qu'entraîne la substitution. Le remplacement de H hydroxylique par un alkyle, de l'hydrogène amidé par l'acétyle, diminue cette action exaltatrice.

Des trois isomères fluorés à fonction double, le métadérivé est celui dont les réserves d'énergie interne sont la plus élevée, pour les acides, les phénols et l'aniline ; l'orthodérivé, par contre, tout au moins dans les phénols, a la chaleur de formation la plus faible.

Je pense qu'il est d'un intérêt sérieux de rechercher si ces données thermochimiques ont quelque relation avec d'autres constantes physiques, telles que notamment les constantes spectrochimiques. Il est en effet digne de remarque que si la chaleur dégagée par la substitution de l'hydrogène par le fluor dans le noyau d'un hydrocarbure aromatique est inférieure de 8 calories environ à celle que dégage la même substitution dans une chaîne grasse, la réfraction atomique apparente du fluor dans le fluorbenzol et ses vrais homologues est aussi sensiblement inférieure à celle de cet élément dans les chaînes saturées aliphatiques, ainsi que je l'ai montré jadis. Je dis réfraction atomique apparente, car il me paraît probable que la substitution de l'hydrogène par le fluor sur un atome de carbure non saturé a pour effet, non de produire une exaltation de la réfraction moléculaire, comme le font les doubles soudures conjuguées, mais de diminuer au contraire l'incrément des liaisons benzéniques ; et de là abaissement apparent de la réfraction atomique de cet halogène.

La présence du radical NO_2 diminuant encore la variation d'énergie interne qu'entraîne la substitution de l'hydrogène par le fluor, tandis que les radicaux OH et NH_2 l'exaltent fortement, il y a lieu de voir si la présence simultanée du fluor et de ces radicaux amène également une variation dans la constante réfractométrique des doubles soudures et de quel sens est cette variation.

De même existe-t-il un parallélisme entre les réserves d'énergie des composés fluorés à fonctions multiples et leur couleur?

L'étude de ces questions me paraît de nature à apporter une contribution à la constitution de l'anneau benzénique. J'espère pouvoir entretenir un jour l'Académie du résultat de ce travail.

Le 30 juillet 1912.
Laboratoire de chimie générale de l'Université
de Gand.

Chimie. — **Sur une manière simple de caractériser l'acroléine** (1),

par W. OECHSNER DE CONINCK, associé de l'Académie.

J'ai montré récemment (2) que la distillation sèche du formiate de sodium fournit de l'acroléine. Pour caractériser celle-ci, j'avais fait agir l'ammoniaque, et l'acroléine-ammoniaque formée, soumise à la distillation sèche, avait fourni une picoline, isolée pour la première fois par Baeyer en 1868.

Le procédé suivant me semble plus simple pour caractériser l'acroléine : je dirige les vapeurs d'acroléine dans de l'eau distillée, puis je fais passer un courant lent d'oxygène à la température ordinaire. Quand la réaction de l'eau est fortement acide, je traite la liqueur par de l'oxyde d'argent fraîchement précipité et bien lavé. Lorsque l'oxyde est dissous, on concentre sur le bain-marie et on fait cristalliser l'acrylate d'argent formé; après une deuxième cristallisation, le sel est lavé, desséché et analysé.

Dans mes expériences, j'ai obtenu, en dosant l'argent, des nombres montrant que j'avais affaire à un sel pur :

Théorie pour $C^3H^3AgO^2$.	Trouvé : I.	II.
Ag °/₀ = 60.32	60.21	60.18

Montpellier, le 29 juin 1912.

---

(1) Institut de chimie générale, Montpellier.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, mai 1912.

Chimie. — **Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction,**

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

J'ai montré dans mon premier travail sur la constante de réfraction (*) les résultats importants que l'on pouvait tirer, au point de vue des changements produits par l'acte du mélange, de l'étude des solutions de l'eau avec des liquides inorganiques et organiques. L'eau convient bien pour une étude de ce genre à cause de sa miscibilité parfaite ou partielle avec beaucoup de corps et à cause des variations de densité et de réfraction assez grandes auxquelles ces mélanges donnent généralement lieu.

Mais il est néanmoins beaucoup de cas où l'on est arrêté par l'insolubilité complète ou relative de l'eau dans nombre de liquides organiques, et l'on sait que l'examen des solutions par trop diluées ne peut conduire qu'à des résultats approximatifs. J'ai déjà indiqué brièvement que, parmi les autres liquides qui peuvent servir de solvants à beaucoup de corps, le sulfure de carbone (**) venait se ranger immédiatement après l'eau, et cela pour différentes raisons :

1° Il possède un pouvoir dissolvant très intense pour beaucoup de liquides organiques et il est assez aisé de se le procurer à l'état pur en grande quantité;

2° Il fournit un complément utile à l'étude des solutions aqueuses, parce qu'il se produit généralement une dilatation de la densité et de l'indice, alors que les mélanges aqueux sont accompagnés d'ordinaire d'une contraction. De plus, les variations produites sont de large amplitude et sont par conséquent aisées à mesurer;

(*) *Mémoires de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 56.

3° Le pouvoir dispersif très intense du CS_2 se retrouve naturellement en partie dans ses solutions, ce qui fait que l'influence de la dispersion sur la constante de réfraction s'y marque beaucoup mieux que dans les mélanges aqueux.

Jusqu'à présent, je n'ai calculé la constante de réfraction que pour six systèmes binaires, au sujet desquels j'avais trouvé des données numériques dans la littérature (*); ensuite, j'avais expérimenté moi-même sur trois systèmes se comportant d'une façon anormale : CS_2 + chloroforme, chlorure stannique et éther (**).

Dans cette note, je désire montrer comment varie la constante de réfraction A dans une série organique, et j'ai examiné à cette fin les mélanges de sulfure de carbone avec trois termes de la série des acides gras, les acides acétique, isobutyrique et isovalérianique. Contrairement à l'eau, dont la solubilité dans les acides diminue au fur et à mesure que l'on avance dans la série, le sulfure de carbone voit sa solubilité augmenter avec l'accumulation de groupes CH_2 dans la molécule. Le premier terme par contre, l'acide formique, ne donne lieu avec CS_2 qu'à une solubilité limitée, l'influence du groupement acide étant prédominante. A partir de l'acide acétique, on peut considérer la solubilité mutuelle comme infinie, bien qu'à la température du laboratoire on côtoie d'assez près, à certaines concentrations, un point critique terminal de démixtion. Un coup d'œil rapide que j'ai donné à cette occasion à la littérature concernant les courbes de solubilité m'a fait constater l'absence de données expérimentales à ce sujet; pourtant la question mériterait un examen à ce point de vue.

En ce qui concerne la partie expérimentale, il me suffira de dire que je me suis servi des appareils utilisés par feu sir W. Perkin; c'est à son fils, M. le Dr F. Mollwo Perkin, que je dois de m'avoir accueilli dans le laboratoire laissé par son père et

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, pp. 57-69.
(**) *Ibid.*, 1912, pp. 263-278.

d'avoir mis à ma disposition ses instruments scientifiques. Le réfractomètre et la circulation d'eau avec appareil de chauffage ont été décrits minutieusement (*), de façon que je n'ai plus à y revenir. Comme source lumineuse, je me suis servi d'un tube de Geissler à vapeur de mercure; les raies utilisables sont voisines de celles de l'hydrogène, mais présentent sur ces dernières l'avantage qu'elles sont plus intenses et plus commodes pour les déterminations polarimétriques, ce qui permet une comparaison facile et plus directe de ces mesures. Les raies utilisées sont : $\lambda = 496$ $\mu\mu$ (bleu) et $\lambda = 436$ $\mu\mu$ (commencement du violet). A celles-ci j'ai ajouté la raie rouge de l'hydrogène ($\lambda = 656{,}3$ $\mu\mu$) et la raie D du sodium ($\lambda = 589{,}3$ $\mu\mu$), préférable à la jaune du mercure, qui en réalité est double ($\lambda = 579$ et 577 $\mu\mu$). Une belle raie verte ($\lambda = 546$ $\mu\mu$), dont je parlerai à propos de mes expériences sur la rotation magnétique, a été omise parce qu'elle est très près de la raie D, et que sa détermination est superflue, eu égard au but poursuivi.

Pour la densité, j'ai dans la plupart des cas abandonné la méthode du pycnomètre qui m'a servi précédemment, partout où les constituants du mélange sont des liquides fort mobiles et à tension de vapeur élevée. En effet, la dépression que l'on est obligé de produire pour forcer le passage du liquide au travers du capillaire risquait d'amener un changement de concentration, ce qu'on évite en employant un pycnomètre de forme différente : un petit flacon, à ouverture centrale assez large, par laquelle on introduit le liquide ou le mélange et qui donne passage à un thermomètre faisant en même temps office de bouchon rodé ; le trop plein de liquide s'écoule par un capillaire soudé latéralement. L'ensemble est placé dans un bain d'eau servant de thermostat et le liquide amené au haut du capillaire; un petit capuchon en verre s'applique à l'extrémité de ce dernier et empêche l'évaporation pendant les pesées.

(*) *Journ Chem. Soc., Tr.*, 1892, pp. 287-291, et 1896, pp. 1035-1037.

ACIDE ACÉTIQUE + SULFURE DE CARBONE.

La densité de ces mélanges subit une dilatation assez considérable (jusque 2.5 °/₀) ; en outre, chacun des trois mélanges soumis à l'examen montre qu'il y a augmentation du C_v avec la température.

Densité des corps purs : acide acétique 1,05819 à 12°5, 1,04546 à 23°9 et 1,03797 à 30°4 ; sulfure de carbone 1,27348 à 13°45, 1,25983 à 22°6 et 1,24283 à 33°95.

Pour les solutions, on a (*) :

I. — *12,076* °/₀ CH_3CO_2H + *87,924* °/₀ CS_2.

$t°$.	$d\ t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
13°5	1,22831	1 24268	1,01171	-1,171
20°6	1,21786	1,23248	1,01200	-1,200
30°8	1,20261	1,21767	1,01252	-1,252

II. — *61,284* °/₀ CH_3CO_2H + *38,716* °/₀ CS_2.

14°7	1,10562	1,13001	1,02206	-2,206
22°7	1,09475	1,12007	1,02313	-2,313
30°7	1,08355	1,11011	1,02451	-2,451

III. — *80,298* °/₀ CH_3CO_2H + *19,702* °/₀ CS_2.

13°0	1,07807	1,09426	1,01502	-1,502
20°7	1,06871	1,08520	1,01543	-1,543
30°1	1,05643	1,07395	1,01658	-1,658

L'indice de réfraction a été également déterminé à trois températures pour les quatre raies indiquées plus haut, désignées

---

(*) Je renvoie aux travaux précédents pour les désignations et formules.

par *r* (rouge), D (jaune), *b* (bleue) et *v* (violette). Les corps purs donnent :

	t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
CH_3CO_2H	21°2	1,36949	1,37146	1,37621	1,37952
	31°7	1,36542	1,36738	1,37209	1,37536
	49°7	1,35818	1,36014	1,36476	1,36798
CS_2	6°85	1,62853	1,63816	1,66346	1,68620
	20°9	1,61754	1,62694	1,65180	1,67436
	34°5	1,60678	1,61588	1,64017	1,66225

Pour les solutions, on a la table suivante :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	$t = 11°9$ (*)		$C_v = -1{,}162$		
r	1,57917	1,58942	1,00649	-0,649	*1,791*
D	1,58723	1,59775	1,00663	-0,663	*1,753*
b	1,60856	1,61964	1,00689	-0,689	*1,687*
v	—	—	—	—	—
	$t = 23°1$		$C_v = -1{,}212$		
r	1,57066	1,58133	1,00679	-0,679	*1,785*
D	1,57854	1,58952	1,00696	-0,696	*1,742*
b	1,59962	1,61114	1,00720	-0,720	*1,683*
v	1,61862	1,63055	1 00737	-0,737	*1,645*
	$t = 44°3$		$C_v = -1{,}326$		
r	1,55416	1,56485	1,00688	-0,688	*1,928*
D	1,56172	1,57284	1,00711	-0,711	*1,865*
b	1,58211	1,59362	1,00727	-0,727	*1,823*
v	1,60047	1,61231	1,00740	-0,740	*1,792*

(*) La solution est un peu trouble à cette température et la lecture assez difficile.

Solution II.

$t = 13^\circ 9$ $C_v = -2{,}200$

r	1,44279	1,45958	1,01164	-1,164	*1,890*
D	1,44695	1,46389	1,01171	-1,171	*1,879*
b	1,45740	1,47501	1,01208	-1,208	*1,821*
v	1,46636	1,48425	1,01220	-1,220	*1,803*

$t = 21^\circ 1$ $C_v = -2{,}292$

r	1,43875	1,45592	1,01193	-1,193	*1,921*
D	1,44281	1,46022	1,01207	-1,207	*1,899*
b	1,45321	1,47122	1,01239	-1,239	*1,850*
v	1,46211	1,48043	1,01253	-1,253	*1,829*

$t = 35^\circ 0$ $C_v = -2{,}525$

r	1,43065	1,44869	1,01261	-1,261	*2,003*
D	1,43461	1,45290	1,01275	-1,275	*1,980*
b	1,44470	1,46372	1,01317	-1,317	*1,917*
v	1,45340	1,47275	1,01331	-1,331	*1,897*

Solution III.

$t = 11^\circ 5$ $C_v = -1{,}495$

r	1,40555	1,41645	1,00775	-0,775	*1,929*
D	1,40855	1,41957	1,00782	-0,782	*1,912*
b	1,41614	1,42737	1,00793	-0,793	*1,885*
v	1,42215	1,43353	1,00800	-0,800	*1,869*

$t = 23^\circ 0$ $C_v = -1{,}568$

r	1,40011	1,41131	1,00799	-0,799	*1,962*
D	1,40300	1,41439	1,00812	-0,812	*1,931*
b	1,41035	1,42211	1,00834	-0,834	*1,880*
v	1,41617	1,42822	1,00851	-0,851	*1,843*

$t = 41^\circ 2$ $C_v = -1{,}787$

r	1,39132	1,40298	1,00835	-0,835	*2,140*
D	1,39424	1,40603	1,00846	-0,846	*2,112*
b	1,40130	1,41357	1,00875	-0,875	*2,042*
v	1,40698	1,41955	1,00893	-0,893	*2,000*

En comparant à une même température et pour une même longueur d'onde les valeurs de $\frac{C_v}{C_n} = A$, on voit qu'elles sont sensiblement les mêmes eu égard surtout à ce que les données pour la solution I sont moins certaines, à cause du voisinage d'une zone de démixtion. En élevant la température, la valeur de $- C_n$ augmente tout comme celle de $- C_v$; mais l'augmentation n'est pas tout à fait proportionnelle et se fait un peu à l'avantage de $- C_v$, ce qui se marque par un faible accroissement de A. Un phénomène pareil se produit pour toutes les longueurs d'onde, mais les valeurs absolues de A diminuent au fur et à mesure de la diminution de la longueur du λ considéré. Ceci est en tous points conforme aux observations précédentes sur les systèmes renfermant du CS_2, et je ne pourrais que répéter les considérations déjà énoncées précédemment concernant la signification théorique du phénomène (*).

ACIDE ISOBUTYRIQUE + SULFURE DE CARBONE.

Pour ce système, la dilatation subie par la densité est moins grande que pour le système précédent ; mais pour le reste, les particularités observées subsistent.

La densité de l'acide employé est : 0,96211 à 11°4, 0,93921 à 34°2, 0,91978 à 53°2 et 0,89795 à 74°4.

Quant aux solutions, elles donnent :

I. — *20,336 °/₀ acide isobutyrique* + *79,664* °/₀ CS_2.

t^o.	$d\ t^o/4^o$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
13°35	1,18353	1,19433	1,00913	-0,913
22°7	1,17067	1,18166	1,00939	-0,939
30°1	1,15993	1,17148	1,00999	-0,999

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, pp. 67 et 68.

II. — *45,276 °/₀ acide isobutyrique* + *54,724 °/₀* CS_2.

12°4	1,09615	1,11078	1,01335	-1.335
21°1	1,08550	1,10011	1,01346	-1.346
31°0	1,07236	1,08793	1,01452	-1,452

III. — *68,028 °/₀ acide isobutyrique* + *31,972 °/₀* CS_2.

13°1	1,03144	1,04242	1,01065	-1,065
20°4	1.02316	1,03421	1,01080	-1,080
28°2	1,01398	1,02546	1,01133	-1,133

Voici maintenant ce qui concerne l'indice de réfraction. Pour l'acide isobutyrique, on a :

t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
9°05	1,39491	1,39689	1,40170	1,40674
25°9	1,38782	1,38973	1 39446	1,39940
39°4	1,38210	1,38394	1,38860	1,39346
68°4	1,36967	1,37145	1,37598	1,38064

Pour les solutions, on a la table suivante :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
		t = 11°75		C_v = -0,909	
r	1,55726	1,57173	1,00929	-0,929	*0,978*
D	1,56445	1,57935	1,00952	-0,952	*0,955*
b	1,58365	1,59928	1,00987	-0,987	*0,921*
v	1,60070	1,61755	1,01053	-1,053	*0,863*
		t = 19°5		C_v = -0,930	
r	1,55182	1,56644	1,00942	-0,942	*0,987*
D	1,55908	1,57396	1,00954	-0,954	*0,975*
b	1,57792	1,59370	1,01000	-1,000	*0,930*
v	1,59495	1,61179	1,01057	-1,057	*0,880*

$t = 34°5$ $\qquad$ $C_v = -1,029$

r	1,54080	1,55538	1,00946	-0,946	*1,088*
D	1,54810	1,56299	1,00962	-0,962	*1,069*
b	1,56651	1,58245	1,01011	-1 011	*1,017*
v	1,58325	1,60008	1,01063	-1,063	*0,968*

Solution II.

$t = 11°2$ $\qquad$ $C_v = -1,333$

r	1,49173	1,51165	1,01335	-1,335	*0,999*
D	1,49687	1,51722	1,01359	-1,359	*0.981*
b	1,51025	1,53160	1,01414	-1,414	*0,943*
v	1,52292	1,54485	1,01440	-1,440	*0.926*

$t = 18°2$ $\qquad$ $C_v = -1,342$

r	1,48758	1,50748	1,01337	-1,337	*1,004*
D	1,49253	1,41297	1,01370	-1,370	*0,980*
b	1,50579	1,52726	1,01426	-1,426	*0,941*
v	1,51835	1,54045	1,01455	-1,455	*0,923*

$t = 30°8$ $\qquad$ $C_v = -1,450$

r	1,47988	1,49997	1,01370	-1,370	*1,058*
D	1,48470	1,50531	1,01388	-1,388	*1,045*
b	1,49783	1,51929	1,01446	-1,446	*1,003*
v	1,51000	1,53232	1,01478	-1,478	*0,981*

Solution III.

$t = 13°2$ $\qquad$ $C_v = -1,065$

r	1,44464	1,45936	1,01019	-1,019	*1,045*
D	1 44813	1,46329	1,01047	-1,047	*1,017*
b	1,45749	1,47330	1,01078	-1,078	*0.988*
v	1,46663	1,48275	1,01099	-1,099	*0,969*

$t = 18°45$ $C_v = -1.076$

r	1,44178	1,45668	1 01033	-1,033	*1,041*
D	1,44515	1,46060	1,01069	--1,069	*1,007*
b	1,45460	1,47055	1,01097	-1,097	*0,988*
v	1,46356	1,47995	1,01120	-1,220	*0,961*

$t = 38°0$ $C_v = -1,185$

r	1,43136	1,44651	1,01058	-1 058	*1,120*
D	1,43480	1,45021	1,01074	-1,074	*1,103*
o	1,44395	1,45990	1,01105	-1.105	*1,072*
v	1,45274	1,46909	1,01126	-1,126	*1,052*

Dans ce système, qui se prête mieux à l'étude que le précédent, on constatera que les valeurs de A montrent plus de régularité. Le fait principal à noter est que la dilatation de l'indice est presque du même ordre de grandeur que lorsque CS_2 était en mélange avec l'acide acétique; la dilatation de la densité, par contre, est beaucoup plus faible, et il en résulte une valeur de A notablement inférieure à celle du système précédent (1 au lieu de 1.9).

Les autres particularités, et notamment la légère augmentation de A avec la température, se produisent exactement comme précédemment ; il suffit de jeter un coup d'œil sur la table.

Acide isovalérianique + sulfure de carbone.

La densité de l'acide employé est : 0,93319 à 17°6, 0,91204 à 40°2 et 0,89222 à 60°8.

Pour ce système également, trois solutions ont été examinées, et la table suivante renseigne leur densité et leur C_v :

I. — *28,295 °/₀ acide isovalérianique* + *71,705 °/₀* CS_2.

$t°$.	$d\,t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
12°15	1,14718	1,15772	1,00919	-0,919
20°7	1,13613	1 14672	1,00932	-0,932
30°7	1,12267	1,13366	1,00979	-0,979

II. — *45,900 °/o acide isovalérianique* + *54,100 °/o* CS_2.

14°2	1,08096	1.09244	1,01062	-1,062
22°3	1,07130	1,08288	1 01081	-1,081
31°2	1,06044	1,07249	1,01127	-1,127

III. — *62,573 °/o acide isovalérianique* + *37,427 °/o* CS_2.

10°2	1,03281	1,04341	1,00928	-0,928
19°7	1,02326	1,03298	1,00950	-0,950
30°7	1,01100	1,02102	1,00991	-0,991

C'est, comme on le voit, une reproduction qualitative, sinon quantitative, des observations faites pour les deux systèmes précédents.

L'indice de réfraction de l'acide isovalérianique est :

t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
8°1	1,40524	1,40736	1,41231	1,41770
28°3	1,39684	1,39888	1,40369	1,40905
41°9	1,39121	1,39322	1,39830	1,40318
57°0	1,38499	1,38694	1,39185	1,39667

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
		$t = 9^\circ 5$	$C_v = -0,916$		
r	1,53953	1,55659	1,01108	-1,108	*0,827*
D	1,54626	1,56392	1,01142	-1,142	*0,802*
b	1,56353	1,58210	1,01188	-1,188	*0,771*
v	1,57872	1,59880	1,01272	-1,272	*0,720*
		$t = 20^\circ 3$	$C_v = -0,931$		
r	1,53254	1,54978	1,01125	-1,125	*0,828*
D	1.53891	1,55668	1,01155	-1,155	*0,806*
b	1,55571	1,57463	1,01216	-1,216	*0,766*
v	1,57084	1,59122	1,01297	-1,297	*0,718*

$t = 32°0$ $C_v = -0,985$

r	1,52466	1,54202	1,01138	-1,138	*0,866*
D	1,53095	1,54873	1,01161	-1,161	*0,849*
b	1,54755	1,56639	1,01217	-1,217	*0,809*
v	1,56253	1,58270	1,01291	-1,291	*0,763*

Solution II.

$t = 8\ 0$ $C_v = -1,049$

r	1,49817	1,51748	1,01289	-1,289	*0,814*
D	1,50346	1,52309	1,01306	-1,306	*0,803*
b	1,51683	1,53766	1,01372	-1,372	*0,765*
v	1,52851	1,55107	1,01476	-1,476	*0,712*

$t = 19°8$ $C_v = -1,073$

r	1,49131	1,51046	1,01284	-1,284	*0,836*
D	1,49639	1,51600	1,01311	-1,311	*0,818*
b	1,50947	1,53024	1,01376	-1,376	*0,780*
v	1,52098	1,54348	1,01479	-1,479	*0,726*

$t = 26°6$ $C_v = -1,102$

r	1,48709	1,50641	1,01299	-1,299	*0,848*
D	1,49213	1,51185	1,01322	-1,322	*0,833*
b	1,50509	1,52595	1,01386	-1,386	*0,795*
v	1,51673	1,53922	1,01483	-1,483	*0,743*

Solution III.

$t = 11°2$ $C_v = -0,929$

r	1,46271	1,47929	1,01134	-1,134	*0,819*
D	1,46666	1,48372	1,01163	-1,163	*0,799*
b	1,47695	1,49488	1,01214	-1,214	*0,765*
v	1,48583	1,50552	1,01325	-1,325	*0,701*

$t = 20°5$ $C_v = -0,951$

r	1,45754	1,47436	1,01154	-1,154	*0,824*
D	1,46158	1,47872	1,01173	-1,173	*0,811*
b	1,47161	1,48973	1.01231	-1.231	*0,775*
v	1,48051	1,50035	1.01340	-1 340	*0,710*

$t = 37°7$ $C_v = -1,030$

r	1,44841	1,46516	1,01156	-1,156	*0,890*
D	1,45234	1,46940	1,01175	-1,175	*0,876*
b	1,46210	1,48041	1,01252	-1,252	*0,825*
v	1,47066	1,49051	1,01349	-1,349	*0,764*

La valeur de A a encore diminué par rapport au système précédent, mais ici la diminution n'est que de 0,2 environ. Ceci paraît assez conforme à une observation déjà faite à propos des solutions aqueuses, à savoir que les différences entre les valeurs de A d'un terme à l'autre vont en diminuant au fur et à mesure que l'on considère des termes plus élevés. Entre l'acide acétique et l'acide butyrique, il manque un terme, l'acide propionique, pour lequel on trouverait vraisemblablement une valeur de A voisine de 1.4.

Outre ces trois acides, l'alcool isobutylique a également été examiné en solution dans le sulfure de carbone.

ALCOOL ISOBUTYLIQUE + SULFURE DE CARBONE.

Densité de l'alcool pur : 0,80680 à 16°25, 0,79423 à 31°8, 0,77651 à 53°0 et 0,75829 à 74°65.

La densité des solutions et les valeurs de C_v ont été consignées dans la table suivante; on voit que la dilatation augmente avec la température.

I. — *15,803* $^{\circ}/_{0}$ *alcool isobutylique* + *84,197* $^{\circ}/_{0}$ CS_2.

t°.	$d\ t^{\circ}/4^{\circ}$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
11°3	1,16304	1,16933	1,00541	-0,541
18°75	1,15392	1,16051	1,00571	-0,571
31°7	1,13648	1,14341	1 00610	-0,610

II. — *30,008* $^{\circ}/_{0}$ *alcool isobutylique* + *69,992* $^{\circ}/_{0}$ CS_2.

13°9	1,07702	1,08516	1,00756	-0,756
21°1	1,06903	1,07718	1,00763	-0 763
34°2	1,05245	1,06113	1 00825	-0,825

III. — *50,220* $^{\circ}/_{0}$ *alcool isobutylique* + *49,780* $^{\circ}/_{0}$ CS_2.

15°5	0,97919	0,98637	1,00733	-0,733
30°7	0,96248	0,97032	1.00814	-0.814

IV. — *70,388* $^{\circ}/_{0}$ *alcool isobutylique* + *29,612* $^{\circ}/_{0}$ CS_2.

13°8	0,90118	0,90668	1,00610	-0,610
32°4	0,88336	0,88919	1,00660	-0,660

Réfraction de l'alcool isobutylique pur :

t°.	r.	D.	b.	v.
8°0	1,39814	1,39996	1,40496	1,40885
23°7	1,39192	1,39372	1,39868	1,40248
34°9	1,38733	1,38912	1,39403	1,39779
49°1	1,38137	1,38311	1,38798	1,39169
66°3	1,37398	1,37568	1,38045	1,38463
86°0	1,36529	1,36686	1,37138	1,37506

Les quatre solutions donnent des résultats compris dans la table suivante :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
		$t = 9^{\circ}6$	$C_v = -0{,}530$		
r	1,56877	1,58537	1,01058	-1,058	*0,501*
D	1,57631	1,59337	1,01082	-1,082	*0,490*
b	1,59630	1,61452	1,01141	-1,141	*0,465*
v	1,61402	1,63335	1,01198	-1,198	*0,442*
		$t = 28^{\circ}9$	$C_v = -0{,}601$		
r	1,55461	1,57158	1,01092	-1,092	*0,550*
D	1,56198	1,57943	1,01117	-1,117	*0,538*
b	1,58130	1,59997	1,01181	-1.181	*0,509*
v	1,59852	1,61849	1,01243	-1,243	*0,483*
		$t = 39^{\circ}7$	$C_v = -0{,}638$		
r	1,54632	1,56387	1,01135	-1,135	*0,562*
D	1,55357	1,57146	1,01152	-1,152	*0,554*
b	1,57260	1,59170	1,01215	-1,215	*0,525*
v	1,58963	1,60986	1,01273	-1,273	*0,501*

Solution II.

		$t = 8^{\circ}3$	$C_v = -0{,}728$		
r	1,52753	1,55104	1,01539	-1,539	*0,473*
D	1,53380	1,55780	1,01565	-1,565	*0,462*
b	1,54994	1,57565	1,01659	-1,659	*0,439*
v	1 56416	1,59132	1,01737	-1,737	*0,413*
		$t = 25^{\circ}2$	$C_v = -0{,}780$		
r	1,51660	1.54012	1,01551	-1,551	*0,503*
D	1,52266	1,54672	1,01580	-1,580	*0,494*
b	1,53833	1,56426	1,01686	-1,686	*0,463*
v	1,55212	1,57974	1,01779	-1,779	*0,438*

$t = 33°6$ $C_v = -0,822$

r	1,51037	1,53445	1,01581	-1,581	*0,520*
D	1,51664	1,54104	1,01609	-1,609	*0,511*
b	1,53216	1,55831	1,01707	-1,707	*0,482*
v	1,54592	1,57364	1,01793	-1,793	*0,459*

Solution III.

$t = 11°8$ $C_v = -0,712$

r	1,47802	1,50155	1,01592	-1,592	*0,447*
D	1,48276	1,50664	1,01611	-1,611	*0,442*
b	1,49445	1,52015	1,01719	-1,719	*0,415*
v	1,50484	1,53186	1,01796	-1,796	*0,398*

$t = 22°1$ $C_v = -0,770$

r	1,47223	1,49580	1,01601	-1,601	*0,481*
D	1,47679	1,50078	1,01625	-1,625	*0,474*
b	1,48884	1,51467	1,01735	-1,735	*0,444*
v	1,49866	1,52576	1,01808	-1,808	*0,426*

$t = 34°6$ $C_v = -0,833$

r	1,46497	1,48856	1,01610	-1,610	*0,517*
D	1,46938	1,49356	1,01646	-1,646	*0,506*
b	1,48076	1,50661	1,01746	-1,746	*0,477*
v	1,49083	1,51803	1,01825	-1,825	*0,457*

Solution IV.

$t = 9°5$ $C_v = -0,590$

r	1,44132	1,45834	1,01181	-1,181	*0,500*
D	1,44470	1,46201	1,01198	-1,198	*0,492*
b	1,45326	1,47161	1,01263	-1,263	*0,467*
v	1,46068	1,47999	1,01322	-1,322	*0,446*

$t = 22°4$ $C_v = -0,636$

r	1,43506	1,45222	1,01196	-1,196	*0,532*
D	1,43825	1,45565	1,01210	-1,210	*0,521*
b	1,44665	1,46529	1,01288	-1,288	*0,458*
v	1,45366	1,47345	1,01361	-1,361	*0,433*

$t = 28°8$ $C_v = -0,651$

r	1,43172	1,44877	1,01198	-1,198	*0,545*
D	1,43496	1.45239	1,01214	-1,214	*0,536*
b	1,44320	1,46197	1,01300	-1,300	*0,508*
v	1,45015	1,47009	1,01375	-1,375	*0,474*

Une première remarque est que la moyenne obtenue comme valeur de A (0.47 pour la raie D vers 10°) est plus faible, mais très peu seulement, que celle que l'on trouve pour les mélanges de CS_2 avec l'alcool éthylique : selon les expériences de Wüllner et de Zecchini (*), la valeur de A (ramenée aux mêmes conditions de température) ne dépasse pas 0.52 pour ces solutions. Cette différence est beaucoup plus faible qu'entre deux termes de la série des acides.

Mais un autre point important à relever est que la valeur de A n'est que la moitié de ce qu'elle est pour le terme correspondant dans la série des acides; pour les solutions aqueuses par contre, les valeurs de A sont représentées par des nombres du même ordre et, s'il y a une différence, c'est en sens inverse. J'ai trouvé en effet (**) : alcool éthylique + eau A = 3.36 et acide acétique + eau A = 3.1 (solutions concentrées, non ionisées) ; alcool isobutylique + eau A = 2.65 et acide isobutyrique + eau A = 2.6. D'autre part, en solution aqueuse, l'acétone donne une valeur de A sensiblement égale à celle de

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, pp. 57-58.

(**) *Mémoires de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, pp. 17 à 53, passim.

l'alcool éthylique, soit 3.45; en solution dans le sulfure de carbone (*), les valeurs pour l'acétone (0.72) et l'alcool (0.52) sont nettement différentes.

Ceci montre une fois de plus que la constante de réfraction est avant tout une grandeur caractéristique pour chaque système, dépendant d'influences constitutives, et que, malgré les lois régulières que j'ai pu en dégager jusqu'à présent, il serait périlleux de se hâter vers des conclusions trop générales avant d'avoir étendu beaucoup encore le champ expérimental.

Comme je le disais en débutant, l'emploi du sulfure de carbone comme solvant offre un champ d'exploration aisé. Jusqu'à présent, le temps m'a fait défaut pour l'examen d'autres mélanges; ne sachant si j'aurai de sitôt l'occasion de reprendre la suite du problème, je me suis décidé à publier les résultats fournis par les quatre systèmes que je viens d'examiner dans la présente note. Comme on l'a vu, on peut en tirer quelques nouvelles conclusions, que je résumerai comme suit :

A. — En mélange avec le sulfure de carbone, les liquides organiques (acides, alcools) se distinguent de leurs solutions dans l'eau par les caractères suivants :

1. Les propriétés physiques examinées (densité et indice de réfraction) sont plus petites que les valeurs théoriques; le mélange se fait donc avec dilatation, alors que les solutions aqueuses correspondantes accusent une contraction.

2. Les valeurs $\frac{C_v}{C_n} = A$ (constante de réfraction) sont représentées par des nombres beaucoup plus petits que pour les solutions aqueuses correspondantes.

3. De plus, il n'y a pas de proportionnalité régulière entre les valeurs de A en solution aqueuse et en solution dans CS_2, ce qui montre combien la valeur de A est déterminée par des influences d'ordre constitutif.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences, 1912, p. 61.

B. — Malgré ces différences, les solutions dans le CS_2 présentent avec les solutions dans l'eau les caractères communs suivants :

1° Si l'on examine les solutions de CS_2 successivement avec chaque terme d'une série organique, la valeur de A diminue au fur et à mesure que l'on considère des termes supérieurs;

2° Lorsqu'on élève la température, on observe une légère augmentation de la valeur de A;

3° La constante de réfraction diminue quand on se rapproche du violet du spectre.

Londres et Liége, juillet 1912.

ASTRONOMIE. — Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 au poste du Collège Notre-Dame de la Paix à Namur,

par le P. F. WILLAERT, S. J.

Les résultats numériques contenus dans notre précédente note étaient calculés — nous en avons prévenu le lecteur — au moyen d'une donnée approchée, 0″37, représentant le déplacement angulaire relatif de la lune par rapport au soleil.

M. Van Biesbroeck, astronome à l'Observatoire royal d'Uccle, a eu l'obligeance de mettre au point d'une façon rigoureuse cette donnée fondamentale. Il a trouvé la valeur 0″391.

Voici, basées sur cette donnée exacte, les valeurs des principales grandeurs dont il a été question dans la note mentionnée. Nous prions le lecteur de se rapporter à cette note pour se rappeler la signification des lettres.

$$r'' - R = 1''69 \pm 0''4$$

$$R - r' = 0''88 \pm 0''1.$$

Dénivellations apparentes du profil lunaire :

Bord oriental	4250 mètres
Bord occidental	5000 mètres
Moyenne.	4625 mètres.

$$\delta = 0''195$$
$$\delta = 0''157$$

Moyenne : $\delta = 0''176 \pm 0''05$.

Distance de la ligne de centralité : 405 mètres.

$$r_e - r_p = 0''49$$
$$r_e - r_p = 0''45$$

Moyenne : $r_e - r_p = 0''47 \pm 0''05$

Épaisseur de l'arc boréal : $1''456$.
Épaisseur de l'arc austral : $1''104$.
Épaisseur des arcs latéraux : $0''81$.

$$R - r = 0''88 + 0''22 = 1''00.$$

Largeur à Namur de la zone des quatre contacts : 5850 mètres.

Rectification. — Nous avions pris pour hauteur moyenne des sommets lunaires 8200 mètres. Cette valeur avait été déduite des mesures faites par Neisson. En réalité, ces mesures se rapportaient exclusivement à des massifs lunaires situés dans la région polaire australe, où les sommets atteignent des hauteurs exceptionnelles. Aux latitudes faibles que nous avions seules à prendre en considération dans nos calculs, la hauteur moyenne des sommets n'est que de 5000 mètres. On conclut de là que le fond apparent des creux du profil est à une altitude moyenne de 375 mètres seulement au-dessus du niveau général de la lune.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Uccle. — *Observatoire royal de Belgique.* Catalogue alphabétique des livres, brochures et cartes. (A. Collard.) Fasc. II, gr. in-8°, 1912.

De Donder (*Th.*). Sur le mouvement des électrons dans un champ électromagnétique donné. Paris, 1912; extr. in-4° (2 p.).

Godeaux (*Lucien*). Sur les systèmes linéaires quadruplement infinis de courbes appartenant à une surface algébrique. Cracovie, 1912, extr. in-8° (pp. 480-484).

— Sur les surfaces algébriques dont les courbes canoniques sont elliptiques doubles. Leipzig, 1912; extr. in-8° (pp. 426-430).

Hennebert et *Merckx.* L'inspection oto-rhino-laryngologique des écoliers. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (13 p.).

Lecat (*M.*). Quelques applications nouvelles du principe de l'addition des tranches, particulièrement à l'étude des déterminants dont l'uniformité dépend de l'ordre. Louvain, 1912; extr. in-8° (16 p.).

Schuyten (*M.-C.*). La pédologie. (Synthèse.) Gand, 1911; in-8° (229 p.).

Janet (*Charles*). Constitution morphologique de la bouche de l'insecte. Limoges, 1911; extr. in-8° (35 p., pl.).

— Organes sensitifs de la mandibule de l'abeille. Paris, 1910; extr. in-4° (4 p., fig.).

— Sur l'existence d'un organe chordotonal et d'une vésicule pulsatile antennaires chez l'abeille et sur la morphologie de la tête de cette espèce. Paris, 1911; extr. in-4° (4 p., 1 pl.).

Rivière (*Émile*). Mandibule du squelette chelléo-moustérien de la femme du Moustier-de-Peyzac (Dordogne). Le Mans, 1911; extr. in-8° (11 p., 2 pl.).

— La géologie et la pétrographie en préhistoire. Étude des roches utilisées par l'Homme primitif. Le Mans, 1912; extr. in-8° (7 p.).

— Le grattage des pierres, mégalithes préhistoriques et tombeaux, légendes et superstitions. Le Mans, 1912; extr. in-8° (8 p.).

Gorini (*Constantino*). Studi biochimici sui batteri acido-presamigeni-proteolitici del latte. 7 brochures in-8° (reliées ens.).

Amstel (*J. E. Van*). De temperatuursinvloed op physiologische processen der alcoholgist. Amsterdam, 1912 ; in-8° (236 p., pl.).

Wentholt (*L. R.*). Stranden en strandverdediging. Delft, 1912; in-8° (240 p.) et un atlas in-8°.

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 3 août 1912.*

Notification du décès d'Henri Poincaré 475

Correspondance.

Approbation royale de l'élection de MM. De Hemptinne et Willem. — Liste de cinq noms pour le Jury du Prix Guinard. — Invitation au VIIIe Congrès préhistorique de France. — Pli cacheté. — Hommages d'ouvrages . . 476

Bibliographie.

M. Léon Fredericq offre de la part du professeur Costantini Gorini, une série de travaux sur la microbiologie du lait 477
Schuyten (M.-C.). — *La pédologie;* note par Ch. Van Bambeke 477

Concours annuel de 1912.

Travaux soumis et désignation de commissaires 478

Prix Auguste Sacré.

Travaux soumis et nomination du Jury 479

Rapports.

Lecture des rapports de M. Mansion (Sur les courbes trisectrices; par Th. Ledent. — Faillite de la métagéométrie; par Michaux) 480
Vote de l'impression d'une note de M. Oechsner de Coninck (Sur une manière simple de caractériser l'acroléine) 480
Rapport de M. P. De Heen (Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction; par A. Schwers) 480
Rapport de M. P. le Paige (Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. F. Willaert, S. J.). 480

Communications et lectures.

Chimie. — *Sur la chaleur de formation de quelques composés organiques fluorés* (4e communication); par Fréd. Swarts 481
Chimie. — *Sur une manière simple de caractériser l'acroléine;* par W. Oechsner de Coninck. 524
Chimie. — *Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction;* par F. Schwers 525
Astronomie. — *Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, au poste du collège Notre-Dame de la Paix à Namur;* par le P. F. Willaert, S. J. 543

Bulletin bibliographique 545

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

06.493
.A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — Nos 9-10

SMITHSONIAN INSTITUTION
NOV 22 1937
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 19 octobre 1912.

M. Ch. **Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents ; MM. A. Jorissen, *vice-directeur ;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, Michel Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, J. Deruyts, Léon Fredericq, V. Masius, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. de Hemptinne, V. Willem, *membres ;* P. Stroobant, J. Verschaffelt, L. Dollo, L. Crismer et J. Cornet, *correspondants.*

Absences motivées : MM. A. Rutot, membre; G. Lecointe et Émile Marchal, correspondant.

M. le Directeur félicite M. Julin, nommé docteur *honoris causa* de l'Université de Saint-Andrews.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre des Sciences et des Arts invite la Classe à dresser une liste double de candidats pour la formation du jury de la deuxième période (1903-1912) du concours décennal de mathématiques appliquées. — L'élection se fera dans la prochaine séance.

— Le Président et le Corps académique du *The Rice Institute*, à Houston (Texas, États-Unis d'Amérique), invitent l'Académie à l'inauguration des nouveaux bâtiments de leur institution.

— Le *Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark*, à Gratz, annonce qu'il célébrera, le 10 novembre prochain, le cinquantième anniversaire de sa fondation. — Des félicitations lui seront adressées.

— M. Lucien Godeaux demande la restitution d'une note *Sur les plans qui rencontrent des couples de droites en des couples de points conjugués par rapport à une même conique.* — Accordé.

— Hommages d'ouvrages :

De l'importance de l'acide cyanhydrique et des glucosides producteurs d'acide cyanhydrique au point de vue de la chimie végétale, par A. Jorissen.

Sur un nouveau minéral du Katanga. — Description des différents types présentés par les cristaux d'anglésite de Sardaigne. — Observations sur le problème de la division d'un hémisphère en deux parties équivalentes par un plan parallèle à sa base, par G. Cesàro.

Hommage à Henri Poincaré, par Ernest Lebon (présenté par M. Neuberg).

La botanique en Belgique pendant le dernier demi-siècle (*1862-1912*), par Alfred Cogniaux.

— Remerciements.

— Travaux à l'examen :

Les travaux suivants sont renvoyés à l'examen : *Sur l'ionisation accompagnant les gaz de la flamme*, par Henri-Jacques Proumen. — Commissaires : MM. de Hemptinne et Verschaffelt.

Relations entre une puissance et la somme de deux puissances du même degré, par G. Chenot. — Commissaire : M. Ch.-J. de la Vallée Poussin.

COMITÉ SECRET.

La Classe prend connaissance des candidatures présentées par les sections pour les places vacantes.

RAPPORTS.

Formation de colloïdes normaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques (note préliminaire); par M. Philippson.

Rapport de M. F. Swarts, premier commissaire.

« L'auteur a étudié la précipitation du cuivre colloïdal par le zinc et le platine métallique, c'est-à-dire par des métaux ayant une électro-affinité fortement différente de celle du cuivre.

Il a observé dans les deux cas la disparition du cuivre colloïdal, auquel se substitue un autre colloïde pur, stable, en présence des éléments qui lui ont donné naissance, mais qui se conserve longtemps lorsqu'on sépare sa solution par filtration.

L'auteur admet que le cuivre colloïdal est précipité à l'état métallique et qu'il est remplacé par un colloïde formé du métal précipitant.

C'est par les méthodes optiques que M. Philippson a étudié le phénomène. Il eût été désirable que l'identification du nouveau colloïde et du corps précipité fût contrôlée par l'analyse.

Je propose l'insertion de la note au *Bulletin*. »

Rapport de M. J. Verschaffelt, second commissaire.

« Je me rallie à l'avis de l'honorable premier commissaire. A propos de l'identification du nouveau colloïde par voie chimique, je désire ajouter que j'en ai déjà fait remarquer l'utilité à l'auteur, qui m'a objecté la difficulté qu'il y aurait à faire des analyses sur d'aussi petites quantités de matière.

Peut-être les méthodes microchimiques pourraient-elles être avantageusement appliquées. » — Adopté.

Recherches thermochimiques sur la dissolution;
par Nicolas de Kolossovsky.

Rapport de M. De Heen.

« L'intéressant travail de M. de Kolossovsky se rapporte aux difficultés que l'on rencontre lorsque l'on veut mettre d'accord les faits qui militent en faveur de la théorie de l'hydratation des molécules en dissolution et la théorie d'Arrhenius de la dissociation électrolytique.

M. de Kolossovsky introduit dans son travail une idée nouvelle, et voici comment il s'exprime :

« Ne serait-il pas vraisemblable que chaque ion se comportât comme s'il formait un hydrate déterminé, et notamment dont la composition serait indépendante des autres ions présents, c'est-à-dire que la composition de l'hydrate formé par l'ion sodium, par exemple, serait la même si nous le prenons à l'état de chlorure ou à l'état de nitrate? »

Afin d'élucider ces questions, M. de Kolossovsky a exécuté un grand nombre de déterminations de chaleurs de dissolution de mélanges binaires, déterminations qui ont été faites avec le plus grand soin.

M. de Kolossovsky conclut que ses mesures démontrent, d'une manière plus tangible que les précédentes, qu'il existe une combinaison déterminée entre l'eau et l'alcool. Ces faits militent également en faveur de la nouvelle hypothèse de l'auteur. Les recherches qu'il effectue actuellement à ce sujet seront publiées ultérieurement.

J'ai l'honneur de proposer à l'Académie l'insertion de ce travail dans les *Bulletins* de la séance. » — Adopté.

Dérivés halogénés et constante de réfraction, par M. Schwers.

Rapport de M. De Heen.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la suite des intéressantes recherches de M. Schwers sur le phénomène de la réfraction dans les composés chimiques et dans leurs mélanges.

Je propose l'insertion de cette note dans les *Bulletins* de l'Académie. » — Adopté.

Sur un problème relatif aux invariants intégraux;

par Th. De Donder.

Rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, premier commissaire.

« En se servant de coordonnées tangentielles, on fait correspondre aux transformations ponctuelles du plan euclidien celles de certains systèmes de droites. M. De Donder s'est proposé de déterminer tous les invariants intégraux qui se rattachent à ces nouvelles transformations. Il les construit d'ailleurs sans peine à l'aide des procédés dont il a fait l'étude dans d'autres mémoires. Toutefois l'interprétation géométrique présentait des obscurités qui ont amené quelques observations de M. Demoulin, et le travail a subi quelques retouches. Les éclaircissements dus à notre savant confrère augmentent encore la valeur de cet intéressant travail et j'ai l'honneur d'en proposer l'impression dans les *Bulletins.* »

M. A. Demoulin, second commissaire, se rallie aux conclusions du rapport du savant premier commissaire. — Adopté.

A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration;

par Edgard Zunz.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« La note que M. le Dr Zunz soumet à notre appréciation fait suite au travail du même auteur: *Nouvelles recherches sur les protéoses,* qui a été inséré dans le *Bulletin* de la Classe des sciences du mois d'août 1911. L'auteur nous donne de nouvelles expériences sur la séparation des protéoses par la méthode de l'ultrafiltration. Ce petit travail est fait avec le même souci d'exactitude que le précédent.

Je propose à la Classe d'adresser des remerciements à l'auteur et d'insérer son intéressant travail dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Willem, second commissaire, se rallie aux conclusions du rapport précédent. Elles sont adoptées.

L'aéroplane dans un vent périodique; par Julien Pacotte, docteur en sciences physiques et mathématiques.

Rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin.

« Dans ses recherches précédentes, M. Pacotte s'est exclusivement préoccupé de l'aéroplane en air calme. Dans cette nouvelle note, il étudie le mouvement de l'aéroplane dans une atmosphère agitée. Il envisage d'ailleurs le cas idéal où le vent est debout, de direction constante et de vitesse périodique.

L'auteur suppose le mouvement de l'appareil très voisin d'un mouvement de régime; alors la vitesse de l'air au point variable occupé par l'appareil est, en première approximation, une fonction périodique du temps seul et les équations du mouvement troublé peuvent se réduire à des équations linéaires à coefficients constants et avec seconds membres.

M. Pacotte intègre le système et en déduit des conclusions intéressantes. Ainsi, si les constantes de l'appareil satisfont à certaines inégalités (que d'ailleurs je n'affirme pas être pratiquement réalisables), on peut en conclure que l'aéroplane se soutiendra et s'élèvera même indéfiniment sans moteur ni intervention aucune du pilote.

L'hypothèse de la périodicité du vent n'a peut-être avec la réalité que des rapports assez lointains. Mais, quoi qu'il faille en penser, le travail de M. Pacotte apporte, me semble-t-il, une confirmation sérieuse à l'explication du vol à voile par les variations de vitesse ou de direction du vent, et j'ai l'honneur d'en proposer l'impression dans le *Bulletin.* » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES

MINÉRALOGIE. — **Sur un feldspath de Porto-Scuso (Sardaigne);**

par G. CESÀRO, membre de l'Académie.

Les cristaux dont il s'agit proviennent d'un porphyre trachytique quartzifère décomposé; ils y accompagnent des cristaux de *quartz* transparents, sans prisme. Ils ont quelques millimètres de dimension, sont transparents, incolores ou jaunâtres et contiennent presque toujours des inclusions vitreuses visibles à la loupe. La plupart de ces cristaux ont la forme pg^1 tronquée par deux larges faces $a^{1/2}$ et terminée par des facettes m; ils sont légèrement allongés suivant l'arête pg^1, la section normale à cette arête étant presque carrée avec une tendance à l'aplatissement suivant p. Outre les formes indiquées ci-dessus, on y observe $e^{1/2}$, $b^{1/2}$ et de légères troncatures g^2. La face $a^{1/2}$, qui termine le cristal presque à angle droit avec sa longueur, se présente quelquefois sous forme d'un carré (*) situé à l'intersection de deux zones $mb^{1/2}$ croisées. (Voir fig. 2.)

Ces cristaux m'ont été cédés comme *anorthose;* comme souvent ils possèdent des faces parfaitement réfléchissantes, j'ai entrepris la détermination précise de leurs paramètres; mais

---

(*) Dans ce quadrilatère, l'angle placé sur l'arête verticale, calculé avec les paramètres donnés plus loin, est de 90°1′2″.

les mesures m'ont montré qu'il s'agissait d'un feldspath rigoureusement clinorhombique et j'aurais cru avoir affaire à de l'*orthose,* si ce n'était d'un côté l'angle d'extinction sur g^1 qui est de + 10° et de l'autre que les paramètres obtenus diffèrent notablement de ceux de l'*adulaire*.

* * *

Ces cristaux sont analogues, si pas identiques, à ceux décrits par Fouqué (*). Le savant pétrographe français dit : « L'angle d'extinction sur *p* ne dépasse pas 1° et il est de 9° sur g^1. » L'analyse lui ayant donné 5,7 °/₀ de K^2O, Fouqué, qui considère l'*anorthose* comme essentiellement sodique, est amené à émettre un doute : « Il est possible cependant que l'analyse ait porté sur un mélange de cristaux de *sanidine* et d'*anorthose* sensiblement de même densité. » Étant donné que le minéral est nettement clinorhombique, nous sommes amené à expliquer autrement la présence de K^2O : l'analyse de Fouqué correspond bien à un minéral pur et le feldspath de Porto-Scuso est un *orthose sodique* formé de deux molécules de polysilicate de sodium et d'une molécule de polysilicate de potassium.

* * *

Détermination des paramètres. — Voici d'abord le tableau des mesures effectuées; chaque ensemble de mesures se rapporte à un cristal différent; pour qu'on puisse juger du degré d'exactitude possible, je donne les écarts de chaque mesure avec la moyenne; la moitié des mesures correspondant à un même angle a été obtenue après déplacement du cristal.

(*) *Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques.* (BULL. SOC. FRANÇ. DE MIN., t. XVII, 1894, p. 129.)

ANGLES.		MESURÉS.	ÉCARTS en minutes.
mm	$110.1\bar{1}0$	59°49′	1, 1, 1, 1 $\bar{1}$, $\bar{2}$
»	»	59°49′	2, 3, 2, $\bar{4}$, $\bar{1}$, $\bar{1}$
»	»	59°50′	1, 1, 0, 0, $\bar{2}$
$pa^{1/2}$	$001.\bar{2}01$	81°18′	0, 0, 0, 1, $\bar{1}$
»	»	81°23′	2, 1, 0, $\bar{3}$, $\bar{2}$
»	»	81°26′	1, 2, $\bar{1}$, $\bar{2}$. $\bar{2}$
$g^1a^{1/2}$	$010.\bar{2}01$	90° 0′	0, 0, 1, $\bar{2}$
pg^1	001.010	90° 0′	0, 0, 0, $\bar{1}$
»	»	90° 1′	1, 0, 0, 2, $\bar{1}$, $\bar{1}$
$g^1e^{1/2}$	010.021	45°23′	2, 3, 2, $\bar{3}$. $\bar{2}$, $\bar{3}$
$pe^{1/2}$	001.021	44°40′	1, 0, $\bar{1}$
mg^1	110.010	60°10′	1, 0, 0, 3, $\bar{2}$
mg^2 appr.	110.130	30° 8′	5, 3, 1, $\bar{3}$, $\bar{4}$
$pb^{1/2}$	$001.\bar{1}11$	56° 0′	1, 0, 0, 0. $\bar{3}$
$mb^{1/2}$	$\bar{1}10.\bar{1}11$	56°41′	1, 2, $\bar{1}$, $\bar{2}$
$ma^{1/2}$	$\bar{1}10.\bar{2}01$	44°51′	1, 2, 0, 0, $\bar{1}$
»	»	44 49′	1, 0, 0, 0. $\bar{1}$, $\bar{2}$
$ma^{1/2}$	$\bar{1}\bar{1}0.\bar{2}01$	44°50′	1, 1, 1, $\bar{1}$, 0
$a^{1/2}e^{1/2}$	$\bar{2}01.021$	96° 9′	1, 1, 1, $\bar{1}$, $\bar{3}$, $\bar{1}$
$a^{1/2}b^{1/2}$	$\bar{2}01.\bar{1}11$	39 15′	0, 0, $\bar{1}$, $\bar{1}$

Données de départ :

$$mm = 110.1\bar{1}0 = 59°49'$$
$$pa^{1/2} = 001.\bar{2}01 = 81°18'$$
$$ma^{1/2} = \bar{1}10.\bar{2}01 = 14°51'.$$

On en déduit :

$$\beta = 63°34'22''$$
$$\log.a = \bar{1},807767\underline{3}\,; \quad a = 0,64234$$
$$\log.c = \bar{1},7417467\,; \quad c = 0,5517\underline{6}.$$

On voit que les incidences de départ et les paramètres que l'on en déduit diffèrent notablement de ceux de l'*orthose*, pour lesquels on a (*) :

$$mm = 61°13', \quad pa^{1/2} = 80°18', \quad ma^{1/2} = 45°42',$$
$$\beta = 63°56'46''\,; \quad a = 0,65851\,; \quad c = 0,55538.$$

Voici le tableau de correspondance :

ANGLES.	CALCULÉS.	MESURÉS.
$g^1e^{1/2}$	45°20′25″	45°23′
$a^{1/2}e^{1/2}$	96°10′35″	96° 9′
$pb^{1/2}$	55°57′17″	56° 0′
$mb^{1/2}$	56°44′17″	56°41′
$a^{1/2}b^{1/2}$	39°18′ 6″	39°15′

Nous avons rencontré plusieurs fois la macle de Manebach, dans laquelle la face g^1 donnait une image unique.

(*) *Koksharov in Dana*, p. 315.

Les mesures prises sur une macle de Baveno (fig. 1) viennent confirmer les paramètres calculés ci-dessus :

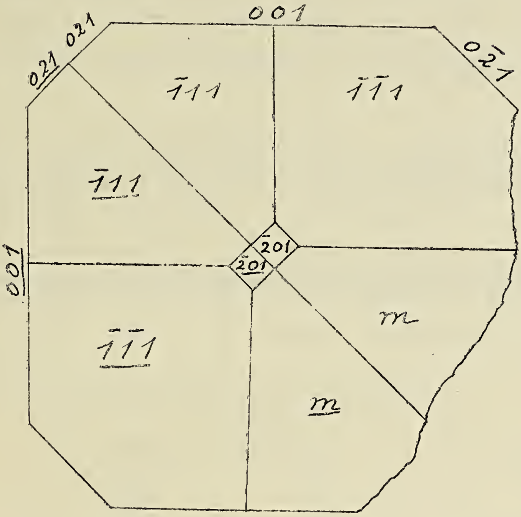

001
021
021
021
$\bar{1}11$
$1\bar{1}1$
$\underline{\bar{1}11}$
001
$\bar{2}01$
$\underline{\bar{2}01}$
$\underline{\bar{1}\bar{1}1}$
m
$\underline{m}$

Fig. 1.

ANGLES (fig. 1).	CALCULÉS.	MESURÉS.
$\bar{1}11.\bar{1}\bar{1}1$	53°12′26″	53°11′
$\bar{2}01.\underline{\bar{2}01}$	12°21′10″	12°20′ à 12°30′ (*)
$\bar{1}11.\underline{\bar{1}11}$	9°34′25″	9°36′
$\bar{1}\bar{1}1.\underline{\bar{1}\bar{1}1}$	90°57′22″	90°56′,5
$021.\underline{021}$	1°21′40″	1°15′ à 1°30′

*
* *

Propriétés optiques. *Biréfringence de* g^1. — La biréfrin-

(*) Ces faces sont extrêmement petites.

gence de g^1 a été mesurée dans un petit solide de clivage, d'épaisseur $e = 43$; le retard était de 238,2 ; d'où

$$X_{g^1} = 5,5.$$

Dans une autre lame, on a obtenu 5,7.

Biréfringence de p. — La biréfringence de p a été mesurée dans des solides de clivage et dans des cristaux aplatis suivant p :

	e	R	X_p
Clivage.	42,1	255-258,1	6,1
»	35,5	220,5	6,2
Cristal n° 12 (*).	59,8	371	6,2
Cristal.	58	372,4	6,4
»	64,5	405,9	6,3

Biréfringence de $a^{1/2}$. — Dans deux cristaux, dont le premier est le n° 51 dont il va être parlé, ayant de fortes épaisseurs $e = 92$ et $e = 86,9$, on observe en lumière convergente rouge que la ligne de retard 2λ passe sensiblement au centre du champ; on en déduit

$$X_{a^{1}|_2} = \frac{125,6}{92} = 1,4; \quad X_{a^{1}|_2} = \frac{125,6}{86,9} = 1,4.$$

Angles d'extinction. — Sur p, j'ai obtenu toujours 0°. Sur g^1, les mesures effectuées sur différents cristaux

$$\varepsilon_{g^1} = 10° — 11° \text{ à } 12° — 10°,5 — 10°$$

(*) C'est le cristal qui a donné l'incidence de départ : $pa^{1/2} = 81°18'$, qui est un des angles caractéristiques du feldspath de Porto-Scuso.

donnent une moyenne de 10°,5, mais les mesures plus exactes dont il va être question conduisent à 10°, nombre que j'adopte. Dans une macle de Manebach, les deux directions d'extinction n_p situées dans g^1 commune faisaient entre elles un angle de 19°,5 à 21°, ce qui donne environ 10° pour l'angle d'extinction sur g^1.

Apparence optique de la face $a^{1/2}$ *en lumière convergente. Mesure de l'angle axial* 2V. — Les faces $a^{1/2}$ sont presque toujours assez développées pour qu'on puisse placer le cristal debout sur la lame porte-objet et l'observer à travers $a^{1/2}$. On aperçoit alors (fig. 2) (*), en lumière convergente rouge, les pôles des axes optiques assez écartés du centre du champ et, pour l'épaisseur 90, deux lignes d'égal retard, dont l'une passe par le centre du champ. On peut, soit par rotation de la platine, soit à l'aide d'un goniomètre oculaire, mesurer l'angle 2φ que font entre elles les droites OA, OA'; or, de la

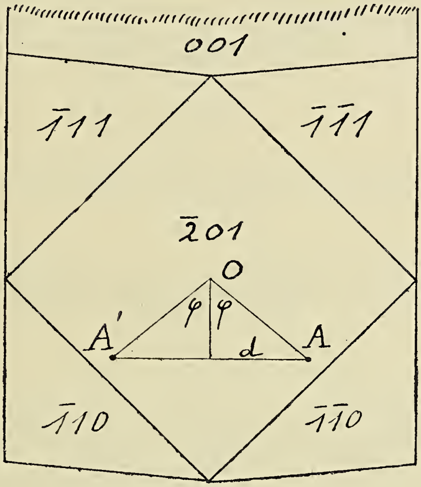


Fig. 2.

(*) Projection orthogonale sur $a^{1/2} = \bar{2}01$.

connaissance de cet angle et de celle de l'angle α que fait la normale O à la lame avec la bissectrice aiguë, on déduit l'*angle axial vrai* par la formule (*)

$$\operatorname{tg} V = \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha. \qquad (1)$$

Quant à α, qui est l'angle d'extinction sur g^1 à partir de la trace de $a^{1/2}$, il peut être mesuré directement ou être déduit de l'angle d'extinction sur g^1 à partir de p par la formule

$$\alpha = \varepsilon_{g^1} + 8^\circ 42' \text{ (**)}.$$

Pour mesurer les angles φ et α avec précision, j'ai fait tailler sur le cristal n° 51 une face $a^{1/2}$ et une face g^1, *en laissant les faces opposées à l'état naturel*, pour être certain de l'orientation. L'angle d'extinction à travers g^1, à partir de la trace de $a^{1/2}$, a été trouvé, par dix mesures variant entre 18° et 19°, de

$$\alpha = 18^\circ 36' \text{ (***)}.$$

Une série de mesures absolument concordantes m'a donné

$$2\varphi = 101^\circ.$$

De $\varphi = 50^\circ 30'$, $\alpha = 18^\circ 36'$ on déduit, par la formule (1),

$$2V = 42^\circ 18',5.$$

Seconde méthode pour la mesure de l'angle axial. — Une autre méthode, *de beaucoup moins précise*, et qui ne donne que l'angle apparent, se base sur ce fait : il est facile de voir que la distance AA' (fig. 2) est la même au microscope que si la coupe avait été faite normalement à la bissectrice (IV); il suffirait donc de mesurer AA' pour en déduire 2E comme d'habitude, par

---

(*) Voir Note à la fin.

(**) $8^\circ 42' = 90^\circ - pa^{1/2}$.

(***) On en déduit pour l'angle d'extinction sur g^1, à partir de p, $\varepsilon g_1 = 9^\circ 54'$.

(IV) En effet, si λ est l'angle que fait la normale O avec l'axe optique A, on a : $OA = Cn \sin\lambda$, $d = Cn \sin\lambda \sin\varphi$; or, dans le trièdre formé par la normale O et les axes optiques, on a : $\sin V = \sin\lambda \sin\varphi$; donc $d = Cn \sin V = C \sin E$.

comparaison avec une lame de mica. Comme on ne peut mesurer directement AA′, on mesure OA et l'on en déduit

$$d = \text{AO} \sin \varphi.$$

J'ai mesuré AO = 14,5 divisions micrométriques lorsque le mica (32°) en donnait 11 ; on en déduit

$$2\text{E} = 65°14' \text{ (*)}.$$

* * *

Relations entre les différentes données optiques mesurées. — En résumé, nous avons obtenu

$$\begin{aligned} &\text{X}_{g^1} = n_m - n_p = 5{,}6 \\ &\text{X}_p = 6{,}24 \\ &\text{X}_{a^{1/2}} = 1{,}4 \\ &\varepsilon_{g^1} = 10° \\ &2\text{V} = 42°18',5. \end{aligned}$$

La biréfringence $\text{B} = n_g - n_p$ se déduit des deux premières données et de l'angle d'extinction sur g^1 :

$$\text{B} = \text{X}_p + \text{X}_{g^1} \sin^2 \varepsilon = 6{,}41.$$

On peut alors vérifier les valeurs de $\text{X}_{a^{1/2}}$ et de l'angle axial ; on trouve un accord excellent :

$$\text{X}_{a^{1/2}} = \text{B} - \text{X}_{g^1} \cos^2 18°42' = 1{,}39$$

$$\cos^2 \text{V} = \frac{\text{X}_{g^1}}{\text{B}}; \quad 2\text{V} = 41°38',5.$$

(*) En prenant pour l'indice moyen 1,5281 (Fouqué), cet angle correspond à 2V = 41°18′,5. La grande concordance de ce nombre avec celui obtenu par la première méthode est, je pense, fortuite ; car, dans la seconde méthode, j'estime que l'erreur peut monter à plus de 3° au-dessus ou en dessous de la vraie valeur.

Les trois biréfringences principales sont donc :

$$n_g - n_p = 6{,}4$$
$$n_m - n_p = 5{,}6$$
$$n_g - n_m = 0{,}8 \text{ (*)}.$$

*
* *

Il faut bien admettre que le polysilicate sodique existe sous deux formes cristallines : clinoédrique, donnant l'albite, et clinorhombique en mélange moléculaire avec le sel de potassium dans l'orthose sodique ; autrement, comment expliquer que ce mélange soit rigoureusement clinorhombique? Le feldspath de Porto-Scuso représente un de ces mélanges correspondant très approximativement à la formule

$$O_n^2 O_k^1 \text{ (**)},$$

(*) A titre de renseignement, voici les biréfringences principales d'*anorthoses* de différentes localités déduites des indices de Fouqué (*loc. cit.*) :

	$n_g - n_p$	$n_m - n_p$	$n_g - n_m$
Quatre Ribeiras.	7,1	6.0	1,1
Castello branco.	6,5	5,7	0,8
Grande Caldeira.	6,4	5,6	0,8
Vidalenc.	5,7	5,1	0,6

Le feldspath de Porto-Scuso possède donc identiquement les mêmes biréfringences que l'*anorthose* de la Grande Caldeira.

(**) En réalité, la formule obtenue, en ne considérant que les proportions des deux alcalis, est : $O_n^{17} O_k^9$; mais, comme l'analyse ne correspond pas rigoureusement à un polysilicate, on n'obtient pas une meilleure concordance par cette formule. Calculé :

$$SiO^2 = 67{,}16 ;\ Al^2O^3 = 19{,}21 ;\ Na^2O = 7{,}56 ;\ K^2O = 6{,}07.$$

d'après l'analyse de Fouqué :

ANALYSE SUR 100.		$O_n^2O_k^1$
SiO^2	67,89	67,20
Al^2O^3	19,38	19,23
Na^2O	7,06	7,72
K^2O	5,67	5,85

En admettant la loi des moyennes, on peut calculer la valeur des angles fondamentaux pour l'*orthose purement sodique,* en partant de ceux de l'*orthose* potassique et de ceux du feldspath de Porto-Scuso. On obtient :

	O_k	$O_n^2O_k^1$	O_n
mm_{ant}	61°13′	59°49′	59° 7′
$pa^{1/2}$	80°18′	81°18′	81°48′
$ma^{1/2}$	45 42′	44°51′	44°25′,5
a	0,65851	0,64234	0,63425
c	0,55538	0,55176	0,54995
$\beta = ph^1$	63°56′46″	63°34′22″	63°23′10″

Si l'on part des paramètres ci-dessus obtenus par la loi des moyennes et que l'on calcule les angles fondamentaux de l'*orthose purement sodique,* on trouve

59°7′, 81°48′38″ et 44°25′,

c'est-à-dire presque exactement les angles obtenus par la loi des moyennes.

⁂

Enfin, je fais observer que la *diminution des trois paramètres* a, c, β avec la présence de Na^2O dans l'*orthose* peut déjà être déduite des résultats des calculs effectués par M. Struever sur les paramètres des *sanidines*. Le savant minéralogiste de Rome a, en effet, déduit des mesures prises par vom Rath et par lui-même sur des cristaux de *sanidine* de Laach,

$$a = 0{,}6492 \qquad c = 0{,}5517 \qquad \beta = 63°54' \text{ (*)};$$

or, *ces sanidines contiennent une proportion notable de* Na^2O.

Ainsi, l'analyse effectuée par vom Rath (*Dana*, p. 319, an. 8) donne pour les proportions respectives de Na^2O et K^2O,

$$n = 4{,}29 \qquad k = 11{,}70\,;$$

en désignant par $O_n^x O_k^1$ la formule d'un orthose sodique, on a

$$x = 1{,}516\,\frac{n}{k} = \frac{5}{9};$$

la sanidine de Laach est donc représentée par

$$O_n^5 O_k^9.$$

En employant les paramètres théoriques trouvés ci-dessus pour l'*orthose purement sodique*, on obtient pour la *sanidine* de Laach, par la loi des moyennes :

$$a = 0{,}6498 \qquad c = 0{,}5534 \qquad \beta = 63°45',$$

et l'on voit que les paramètres ainsi calculés concordent à quelques millièmes près avec ceux obtenus par M. Struever; quant à β, la valeur de M. Struever est supérieure de 9' à celle obtenue par la loi des moyennes, mais cependant elle accuse

---

(*) *Dana*, p. 316.

bien une variation dans le sens indiqué, en se plaçant entre les valeurs de β relatives à l'*orthose* pur et à $O_n^2O_k^1$.

Nous avons choisi l'analyse 8, parce que Dana indique explicitement qu'il s'agit de *cristaux;* l'analyse 9 se rapporte à une *sanidine* beaucoup plus riche en soude :

$$n = 6{,}94 \qquad k = 6{,}48\,;$$

elle donne

$$x = 1{,}6236 \quad \text{et} \quad O_n^{13}O_k^8,$$

$$a = 0{,}6435 \qquad c = 0{,}5520 \qquad \beta = 63^\circ 36'$$

et ne paraît pas se rapporter aux cristaux traités par M. Struever.

NOTE.

Méthode pour la mesure, au microscope, de l'angle des axes optiques dans une lame passant par la bissectrice obtuse et inclinée sur la bissectrice aiguë. — Dans le trièdre formé par la normale à la lame et les axes optiques, l'angle dièdre 2φ (fig. 3),

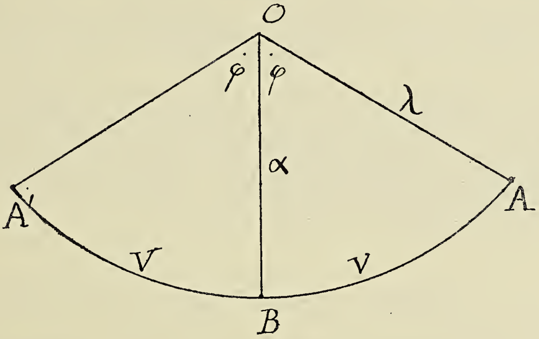


Fig. 3.

fait par les deux faces passant par la normale à la lame, peut être mesuré directement au microscope, car les rayons dirigés suivant les axes optiques, tout en s'écartant de la normale, restent dans ces plans à l'émergence. Si donc on connaît l'angle α que la normale O à la lame fait avec la bissectrice B, on peut déduire de la mesure de φ la valeur de l'angle axial par la formule

$$\operatorname{tg} V = \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha. \tag{1}$$

Il faut observer que cette méthode donne l'*angle vrai* des axes optiques *sans connaître l'indice* et qu'elle ne comporte *aucune mesure au micromètre.*

La mesure de 2φ se fait soit par rotation de la platine, soit à l'aide d'un goniomètre oculaire approprié à la lumière convergente. Le mieux est de se servir d'un oculaire ordinaire pouvant librement tourner dans le tube du microscope : on fait tourner la platine jusqu'à ce que la branche hyperbolique passant par l'un des pôles soit normale à la droite qui joint ce pôle au centre du champ, puis on dirige suivant cette droite un fil du réticule. La mesure se fait alors par rotation directe de la platine en amenant l'autre pôle sur le fil du réticule.

L'angle α est obtenu soit par la mesure de l'angle d'extinction à partir de O dans une face parallèle au plan OB, soit par des mesures goniométriques rapportant la face artificielle ou naturelle, O, à des faces naturelles repérées par rapport à B.

Cette méthode ne pourra être appliquée que dans des cas spéciaux : pour que la mesure de 2φ soit faite avec précision, il faut que les pôles ne soient pas trop excentriques et que, par conséquent, α ne soit pas trop grand ; or, on va voir que l'erreur commise dans la mesure de 2φ peut entraîner une erreur considérable sur $2V$ lorsque α est petit.

⁂

Calcul de l'erreur. — On tire de (1), en exprimant les coefficients de $d\varphi$ et $d\alpha$ en fonction de V et α,

$$dV = \frac{\sin^2 \alpha \cos^2 V + \sin^2 V}{\sin \alpha} \cdot d\varphi + \sin V \cos V \cot \alpha \,.\, d\alpha.$$

Les erreurs commises dans la mesure de φ et de α étant estimées à part, il faut considérer séparément les multiplicateurs de $d\varphi$ et de $d\alpha$.

Le multiplicateur de $d\varphi$, qui est ∞ pour $\alpha = 0$, décroît lorsque α augmente, passe par un minimum pour $\sin \alpha_1 = \operatorname{tg} V$ (fig. 4), puis remonte jusqu'à 1, valeur qu'il atteint pour $\alpha = 90°$; le minimum du multiplicateur est $\sin 2V$. Avant d'atteindre le minimum, le multiplicateur passe par la valeur 1 au moment où $\sin \alpha_2 = \operatorname{tg}^2 V$; les valeurs de α propices, qui correspondent à des valeurs du multiplicateur plus petites que l'unité, sont donc comprises entre α_2 et 90°, ou, plutôt, entre α_2 et la valeur de α pour laquelle le pôle de l'axe atteint le bord du champ.

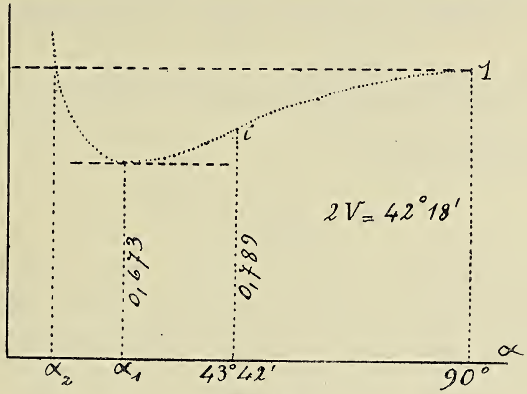


Fig. 4.

Quant au multiplicateur de $d\alpha$, il devient aussi ∞ pour $\alpha = 0$, mais décroît constamment jusqu'à 0 lorsque α croît de 0° à 90° ; il devient plus petit que l'unité dès que α dépasse la valeur donnée par $\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{1}{2} \sin 2V$.

Feldspath de Porto-Scuso. — On a obtenu

$$\alpha = 18°36' \qquad 2\varphi = 101° \qquad 2V = 42°18' ;$$

les valeurs de α_1, α_2, α_3 deviennent

$$\sin \alpha_1 = \operatorname{tg} 21°9' ; \qquad \alpha_1 = 22°45',5$$
$$\sin \alpha_2 = \operatorname{tg}^2 21°9' ; \qquad \alpha_2 = 8°36',5$$
$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{1}{2} \sin 42°18' ; \qquad \alpha_3 = 18°36'.$$

On voit que la valeur de α est comprise entre α_2 et α_1 et que, par conséquent, l'erreur commise dans la mesure de φ ne sera pas amplifiée; en outre, le multiplicateur de $d\alpha$ sera sensiblement égal à l'unité. La valeur de dV, qui peut aussi s'écrire

$$dV = \frac{\sin 2V}{\sin 2\varphi} d\varphi + \frac{1}{2} \sin 2V \cot\alpha \,.\, d\alpha,$$

devient, dans notre cas,

$$dV = 0{,}6856 d\varphi + d\alpha.$$

Dans les conditions où nous avons opéré, en laissant une face $a^{1/2}$ et une face g^1 à l'état naturel pour être sûr de l'orientation, on peut dire que les erreurs commises dans la mesure de 2φ et de α n'atteignent pas $\frac{1}{2}$ degré; en prenant

$$2d\varphi = d\alpha = 0°30',$$

on a $dV = 0°40'$, de sorte que l'erreur commise dans l'estimation de l'angle 2V est certainement inférieure à 1°20'.

Barytine. — Exemple théorique ayant pour but d'estimer l'approximation possible lorsque la valeur de α peut être choisie par l'opérateur et que l'orientation de la face taillée se calcule à l'aide de mesures goniométriques.

P. A. $0 = g^1$. Bissectrice aiguë normale à h^1; $2V = 38°$; $n = 1{,}637$. Dans un solide de clivage, on taillera une face en zone avec les deux m au voisinage de l'arête obtuse; de la mesure de l'angle qu'elle fait avec m on déduira l'angle α qu'elle fait avec la face h^1. La lame sera achevée en y taillant une face parallèle à la première. Si l'angle α n'est pas trop grand, la lame montrera en lumière convergente les pôles des deux axes symétriquement placés par rapport au diamètre du champ normal à l'arête verticale du cristal. Pour que la mesure de 2φ puisse être effectuée avec précision, il faut, dans mon microscope, que l'excentricité des pôles ne dépasse pas celle observée dans le feldspath de Porto-Scuso. Pour que l'axe émerge au même point que pour ce feldspath, pour la barytine, on calcule qu'il doit être incliné sur la normale à la section sous un angle $\lambda = 25°53'$; on en déduit (fig. 3)

$$\cos \alpha = \frac{\cos \lambda}{\cos V}, \quad \alpha = 17°55'.$$

Ceci donne une idée de l'inclinaison approximative à donner à la coupe : 15° à 18° avec h^1, c'est-à-dire 24° à 21° avec m. Les valeurs de α_1, α_2, α_3 sont ici

$$\alpha_1 = 20°8',5 \qquad \alpha_2 = 6°48',5 \qquad \alpha_3 = 17°6',5.$$

On voit que la coupe se trouvera dans les conditions voulues pour que le multiplicateur de $d\varphi$ soit inférieur à l'unité ; quant au multiplicateur de $d\alpha$, il sera légèrement supérieur à l'unité pour $\alpha = 15°$ et sera presque égal à 1 pour $\alpha = 17°$; d'ailleurs, l'erreur provenant de la mesure de α est ici négligeable, vu qu'elle se rapporte à des mesures goniométriques. Voici les résultats correspondant à différentes orientations :

α	2φ	dV
15°	106°8'17"	$0,6409\, d\varphi + 1,1488\, d\alpha$
16°	100°25'37"	$0,6260\, d\varphi + 1,0735\, d\alpha$
17°	99°19'49"	$0.6239\, d\varphi + 1,0069\, d\alpha$
18°	96°11'14"	$0,6193\, d\varphi + 0,9474\, d\alpha$

En supposant encore l'erreur possible sur 2φ de $\frac{1}{2}$ degré et celle relative à α de 2', on trouve que l'erreur qui en résulte pour 2V est de 22' à 24'.

Zoologie. — **Observations sur l'accouplement et la ponte de l'Alyte accoucheur, « Alytes obstetricans »,**

par G.-A. BOULENGER, associé de l'Académie (¹).

Il est des secrets que la nature ne révèle pas facilement. Voilà trente-cinq ans que je m'efforce de surprendre l'Alyte, le plus intéressant des Batraciens d'Europe, dans l'acte de la propagation. A maintes reprises, tant en Belgique qu'en France, je me suis rendu expressément de nuit aux endroits fréquentés par ce Batracien nocturne, et, bien que j'en aie rencontré un grand nombre, chargés ou non d'œufs, errant en quête de leur subsistance, la chance jusqu'ici ne m'avait pas favorisé. Je ne suis d'ailleurs pas le seul à avoir éprouvé pareille déception : elle a été partagée par plusieurs des plus enthousiastes herpétologues de France, où l'espèce est pourtant si répandue et, dans bien des endroits, des plus communes. Il y a lieu toutefois de mettre hors de pair Arthur de l'Isle du Dréneuf, de Nantes, auquel nous devons un remarquable mémoire : *Sur les mœurs et l'accouplement de* l'Alytes obstetricans, publié en 1876 (²). Et encore n'est-ce pas du premier coup que cet admirable observateur a réussi à surprendre l'acte complet qu'il nous a dépeint; il n'en fut témoin qu'après dix ans de recherches. Son récit est le fruit de plus de cinquante excursions la nuit aux lumières, au cours desquelles il assista à vingt-trois accouplements dès la première phase.

Ayant enfin réussi à assister à ce spectacle curieux, je demanderai à l'Académie la permission de lui exposer le résultat de mes observations, comme supplément à celles de de l'Isle,

---

(¹) Présenté par M. Francotte.

(²) *Ann. des sciences nat., Zool.* (3), XX, n° 7.

qu'elles confirment sur tous les points essentiels, en même temps qu'elles me permettent d'exprimer mes doutes à l'égard de celles de certains auteurs plus récents qu'il convient d'ajouter aux récits un peu fantaisistes de Koch, de Fatio et autres soi-disant observateurs du siècle dernier.

Ainsi que l'a reconnu de l'Isle, Demours, qui découvrit en 1741, dans Paris même, au Jardin des Plantes, le Batracien devenu fameux auquel il donna le nom de Crapaud accoucheur, n'assista qu'à la seconde phase de l'accouplement; ce qu'il prit pour l'accouchement n'était que le chargement des œufs sur les jambes du mâle; et encore le récit de ce qu'il lui fut donné de voir est-il entaché de fautes d'interprétation. De l'Isle fut le premier à décrire toute la série de manœuvres constituant le merveilleux phénomène dont si peu de naturalistes ont eu le privilège d'être témoins et qui se divise en deux périodes principales : celle qui précède et celle qui suit la ponte.

Comme pour Demours et pour de l'Isle lui-même, ma première observation s'est bornée à la seconde période, mais, sur les six cas d'accouplement dont j'ai été témoin dans l'espace de trois soirées, trois ont pu être suivis depuis le commencement jusqu'à la fin. Je vais donc décrire ici ce que j'ai vu et consigné dans des notes crayonnées sur place, immédiatement après chaque observation que j'ai faite, montre en main.

Les figures qui accompagnent cette notice sont truquées : n'étant pas muni de l'appareil nécessaire pour photographier au magnésium ces animaux pendant l'accouplement, j'ai fait exécuter des photographies sur les individus mêmes dont je m'étais emparé après l'opération et qui, après avoir été tués, ont été fixés dans les positions que je leur avais vu prendre et dont j'avais le souvenir très précis. Je crois donc que ces figures, sans être l'expression de la vérité absolue, donnent une idée assez exacte des attitudes de trois couples : le premier, avant la ponte; le second, immédiatement après celle-ci; le troisième, pendant un des écarts auxquels se livre le mâle pour faire remonter les œufs et les fixer à l'endroit convenable.

L'Alyte, comme on sait, est absolument nocturne; il fait entendre sa note de clochette, dont le timbre varie selon les individus, parfois en plein jour et souvent le soir, mais il ne sort de sa retraite qu'à la nuit tombante. La cause de l'insuccès de divers observateurs à surprendre l'accouplement est probablement attribuable à ce que les recherches ont été faites trop tard dans la soirée. Je suis porté à croire que presque tous les individus prêts à la reproduction se livrent à cet acte, avec ensemble, endéans une heure après le coucher du soleil. Dans les notes annexées à son mémoire, de l'Isle indique 7 h. 30 m. pour un accouplement le 23 mars et vers les 9 heures pour deux autres les 23 et 24 juillet. Même les soirs où j'avais rencontré plusieurs individus accouplés, retournant plus avant dans la nuit aux endroits les plus fréquentés par ces Batraciens, je n'ai plus trouvé que des individus vaguant isolément ou prenant le frais à l'entrée de leur trou.

Malgré sa nature timide, l'Alyte a une prédilection très marquée pour le voisinage des demeures de l'homme. Bien qu'on en trouve souvent en Belgique des colonies établies dans des carrières de sable ou de pierre, il est surtout abondant dans les villages de la région calcaire, où il établit sa retraite au pied de vieux murs, sous des tas de pierres, souvent dans les crevasses des marches d'escaliers à la porte des maisons.

Passant, il y a un an, par un joli village de la Famenne, je constatai que l'Alyte y pullule et je résolus de m'y établir l'an suivant pour quelques jours dans le but d'observer ce Batracien la nuit, avec l'espoir de surprendre enfin son accouplement. C'est ce que je fis en juin dernier, et mes efforts ont enfin été couronnés de succès. Accompagné d'un jeune amateur, M. J. L. Monk, de Birmingham, je passai sept nuits dans ce village, et trois d'entre elles furent favorables à nos observations.

Dès la première soirée, l'Alyte se faisait entendre çà et là en assez grand nombre, tandis qu'une mare en plein village résonnait du vacarme d'un chœur de Grenouilles vertes, de Rainettes et de Crapauds calamites. Nous parcourons le village plusieurs fois après le coucher du soleil, munis de lanternes électriques dont nous projetons les rayons sur les bords des chemins et surtout sur les endroits d'où proviennent les notes argentines des Alytes. Nous en voyons un certain nombre, mais aucun signe d'accouplement. Le temps, à vrai dire, n'était pas propice : il faisait assez frais. Mais à la quatrième soirée, le 18 juin, le spectacle tant désiré s'offrait enfin à nos yeux.

Nous nous étions un peu attardés à prendre des Rainettes et des Calamites, quand, passant au bord d'un abreuvoir au centre du village, à 9 h. 10 m., le feu de notre lanterne éclaire deux Alytes accouplés à terre, tout contre une des larges dalles bordant cet abreuvoir, en excellente position pour l'observateur et restant immobiles en dépit de la lumière projetée sur eux. Ils étaient à la période de repos qui suit l'évacuation des œufs, le mâle cramponné au cou de la femelle.

Attirés par le chant d'autres Alytes quelques pas plus loin, nous nous éloignons un instant, et, à notre retour, nous trouvons le mâle en train de plonger les pattes dans le paquet d'œufs déposé dans l'espace rhomboïdal formé par les membres postérieurs de la femelle. Ensuite il étend le paquet en travers, étirant les cordons d'œufs pour les mieux fixer à ses chevilles. Entre ce moment et la fin des opérations, à 9 h. 32 m., nous assistons à onze de ces écarts ou séries d'écarts, car il y a souvent deux ou trois mouvements d'étirement consécutifs. Pendant tout ce temps, le mâle émet sa note à environ une demiminute d'intervalle, et à chaque note nous voyons se gonfler sa gorge. La femelle a les membres postérieurs étendus en arrière, les tarses appliqués l'un contre l'autre et dressés verticalement, la plante reposant à plat sur le sol qui est humecté par le liquide qui accompagne et dilue le fluide séminal. Les mouvements qu'exécute le mâle pour se charger des œufs consistent d'abord à étendre les membres postérieurs, à les plonger dans le paquet d'œufs, croisant les pieds dans un sens puis dans l'autre afin de produire le dévidage et l'entortillement des chapelets, puis il étire ses membres en travers de toute leur longueur, à angle droit avec l'axe du corps ou même portés en avant et la plante des pieds dirigée en l'air; il fait ainsi remonter le point d'attache des chapelets sur ses jambes, les œufs formant à ce moment une bande à double ou triple rangée, s'étendant en travers jusqu'au niveau des épaules. Il se projette en avant sans lâcher le cou de la femelle, au point que son museau dépasse considérablement celui de celle-ci. Après chaque écart, le mâle est pris d'un tremblement de tout le corps et des membres et imprime ce mouvement à la femelle, dont les membres postérieurs tremblent également, tandis que les antérieurs reposent immobiles sur le sol. Trois fois le mâle lâche la femelle pour quelques instants, puis il la serre de nouveau autour du cou. Enfin, ils se séparent sans que je puisse constater la présence d'un fil reliant les œufs au cloaque de la femelle, et se dirigent vers l'anfractuosité sous les dalles d'où ils étaient probablement sortis. Je m'empare de ces individus et je détache les œufs en vue d'une expérience dont je parlerai plus loin.

Nous n'avions assisté qu'à la seconde moitié des opérations. Il nous était réservé le lendemain d'observer le phénomène complet.

Ce soir-là, par un temps chaud et orageux, à 8 h. 55 m., au pied des marches très disjointes de la porte d'une pauvre masure, nous apercevons un couple enlacé, mais qui, après quelques instants, se retire dans une fissure, effrayé par la lueur de notre lanterne. Trois minutes plus tard, dans une large ouverture entre les mêmes marches et le mur, nous découvrons un mâle saisissant une femelle. Il la serre à la taille et, s'étant ainsi cramponné, il s'agite peu après dans des mouvements qui rappellent l'accouplement d'un chien. Ses membres postérieurs, qui étaient d'abord au-dessus de ceux de la femelle, comme dans l'accouplement du Crapaud ou du Sonneur, disparaissent presque entièrement, cachés entre ceux de sa compagne. Ces mouvements correspondent évidemment au ratissage du cloaque de la femelle, décrit par de l'Isle, mais il ne nous est pas donné de saisir l'action des orteils. En l'espace de dix-sept minutes et à intervalles assez réguliers, nous assistons à cinq de ces séries de mouvements, ou passes comme les appelle de l'Isle. Pendant ce temps, la femelle est gonflée et aplatie contre le sol, les membres postérieurs encadrant ceux du mâle, le cadre fermé en arrière par les tarses apposés et dressés.

A 9 h. 15 m., les œufs sont produits subitement, avec un léger bruit : ils tombent en un paquet dans le réceptacle rhomboïdal formé par les membres postérieurs des deux individus. Le mâle, au même instant, lâche la taille de la femelle et, se hissant rapidement en avant, la saisit au cou, ou, pour être plus exact, à la base de la tête en avant des membres antérieurs. Une émission séminale suit immédiatement; le mâle frissonne, ses poumons se gonflent et sont reportés en avant, tandis que l'arrière du corps se creuse sur les côtés. Puis un repos de dix minutes, après lequel commence le chargement des œufs, qui s'opère comme dans le cas précédent, si ce n'est que le nombre des séries d'écarts est de huit au lieu de onze, et dans aucun de ceux-ci les cordons n'arrivent à la hauteur des épaules. Le couple se sépare à 9 h. 38 m. Pendant toute l'opération, qui a duré quarante-trois minutes, le mâle est resté muet.

Pendant l'accouplement précédant la ponte, deux autres mâles firent leur apparition du fond de l'ouverture sur laquelle le feu de notre lanterne était dirigé, et l'un d'eux se mit en devoir de tâcher de déloger le premier occupant, se lançant sur le couple, le heurtant de son museau et réussissant même, à un moment, à le renverser presque complètement sur le dos; puis, échouant dans ses tentatives, il saisit aux lombes le mâle accouplé et reste ainsi cramponné pendant quelques instants. Il s'éloigne enfin, comme l'avait déjà fait son compagnon, en quête, sans doute, de quelque femelle libre. Chez l'Alyte, comme chez les Crapauds, les mâles sont beaucoup plus nombreux que les femelles.

Comme l'a constaté de l'Isle, dans les lieux où terrent des bandes nombreuses d'Alytes, il arrive qu'un mâle accouche, à deux ou trois jours d'intervalle, deux et jusqu'à trois femelles et se charge à la fois de deux et même de trois faix. J'ai moi-même plusieurs fois pris de ces mâles ainsi doublement chargés ; il est facile de se convaincre, à la teinte ou à la grosseur un peu différente des œufs, ou à leur degré de développement, que ces faix de grandeur exceptionnelle représentent les pontes de deux femelles.

Nous devions assister, le lendemain, 20 juin, d'un même coup, à deux exemples de ce fait curieux.

A 8 h. 53 m., à l'endroit même où nous avions fait notre observation du 18, nous voyons, séparés de 1 mètre environ, deux couples en amplexus lombaire, chacun des mâles déjà porteur d'un lot d'œufs. Un peu effrayés par la lueur de deux lanternes, ils se mettent en mouvement et se rapprochent à environ 30 centimètres l'un de l'autre, après quoi, grâce aux ménagements que nous apportons à l'éclairage, ils ne se déplacent plus et nous avons la chance d'assister en double à toute la série d'opérations qui répète, dans ce qu'il y a d'essentiel, celle dont nous avions été témoins la veille.

La ponte a lieu, pour le premier couple, à 9 h. 38 m. Émission séminale suivant immédiatement, puis huit minutes de repos. Neuf séries de mouvements tournants et d'écarts, les quatre premiers suivis d'émission séminale. Le couple se sépare à 10 h. 6 m. Le mâle n'a fait entendre sa voix, à intervalles réguliers, que pendant les dernières cinq minutes.

Les choses se passent de même pour le second couple, dont la ponte a lieu à 9 h. 45 m.; mais, après un repos de dix minutes, il n'y a que sept séries d'écarts, dont les trois derniers sont exécutés après que le mâle a quitté la femelle, à 10 h. 3 m. Tout est fini à 10 h. 10 m. J'arrache les œufs à ce mâle.

Pendant les mouvements d'écarts, les deux lots d'œufs se confondent, il semble que les fils reliant ceux de la première ponte s'étirent aussi facilement que les autres.

Dans ce cas encore, nous avons été témoins des importunités auxquelles les mâles en quête de femelles se livrent à l'égard des individus en train de vaquer à la reproduction. Un mâle était survenu au commencement de l'accouplement du premier couple et fit de vains efforts pour saisir la femelle; mais, aussitôt les œufs pondus, il s'éloigna avec indifférence.

Ce qu'il nous a été donné d'observer s'accorde donc sur tous les points essentiels avec les faits consignés dans l'admirable mémoire de de l'Isle. Seulement, nous avons pu constater jusqu'à quatre émissions de semence au lieu de trois, et les séries d'écarts, séparées par des repos, étaient plus nombreuses : 7 à 11 au lieu de 4 ou 5. Enfin, je ne suis pas d'accord avec cet auteur en ce qui concerne les nombres extrêmes des œufs. Le nombre varie, dit-il, de 18 à 54 pour les faix simples, de 65 à 102 pour les faix doubles. Sur quatre lots simples que j'ai comptés, j'ai trouvé 33, 42, 60 et 63 œufs, tandis que les œufs enlevés à l'un des mâles dont nous pûmes suivre le second accouplement étaient au nombre de 129. Ce sont là des divergences de peu d'importance. Mais que faut-il penser des récits de deux auteurs plus récents : Carl Hartmann (¹) et Hector Lebrun (²) ?

Le premier raconte que le mâle tire, à l'aide de ses membres postérieurs, les cordons d'œufs du cloaque de la femelle et, après les avoir fertilisés, les entortille, en forme de 8, autour de ses pattes, et il attribue à chaque ponte environ 200 œufs. Je suis porté à croire que l'imagination de cet auteur a fourni, en partie, la description qu'il a donnée.

Le second, quoi qu'il en dise, n'a pas observé avec soin l'accouplement. Sinon il n'aurait pu écrire que le mâle saisit la femelle de la même manière que les Grenouilles, sous les aisselles, et que l'accouplement peut durer parfois plus d'un jour. J'ai retiré de leurs cachettes, pendant le jour, un grand nombre d'Alytes, et jamais je n'en ai trouvé d'accouplés. M. Lebrun se trompe aussi quand il croit que la femelle appelle le mâle, car celui-ci

---

(¹) *Natural Science*, VIII, 1896, p. 893.

(²) *Rev. quest. sc.*, Bruxelles, XVIII, 1900, p. 664.

est seul à produire le sifflement caractéristique qui décèle si souvent sa présence, même en plein jour. Il répète l'erreur dans laquelle tant d'auteurs sont tombés, à la suite de Demours, de se figurer le mâle extrayant le chapelet d'œufs du cloaque de la femelle au moyen de ses pattes postérieures, l'enroulant autour de ses cuisses et, ajoute-t-il, fécondant chaque œuf séparément.

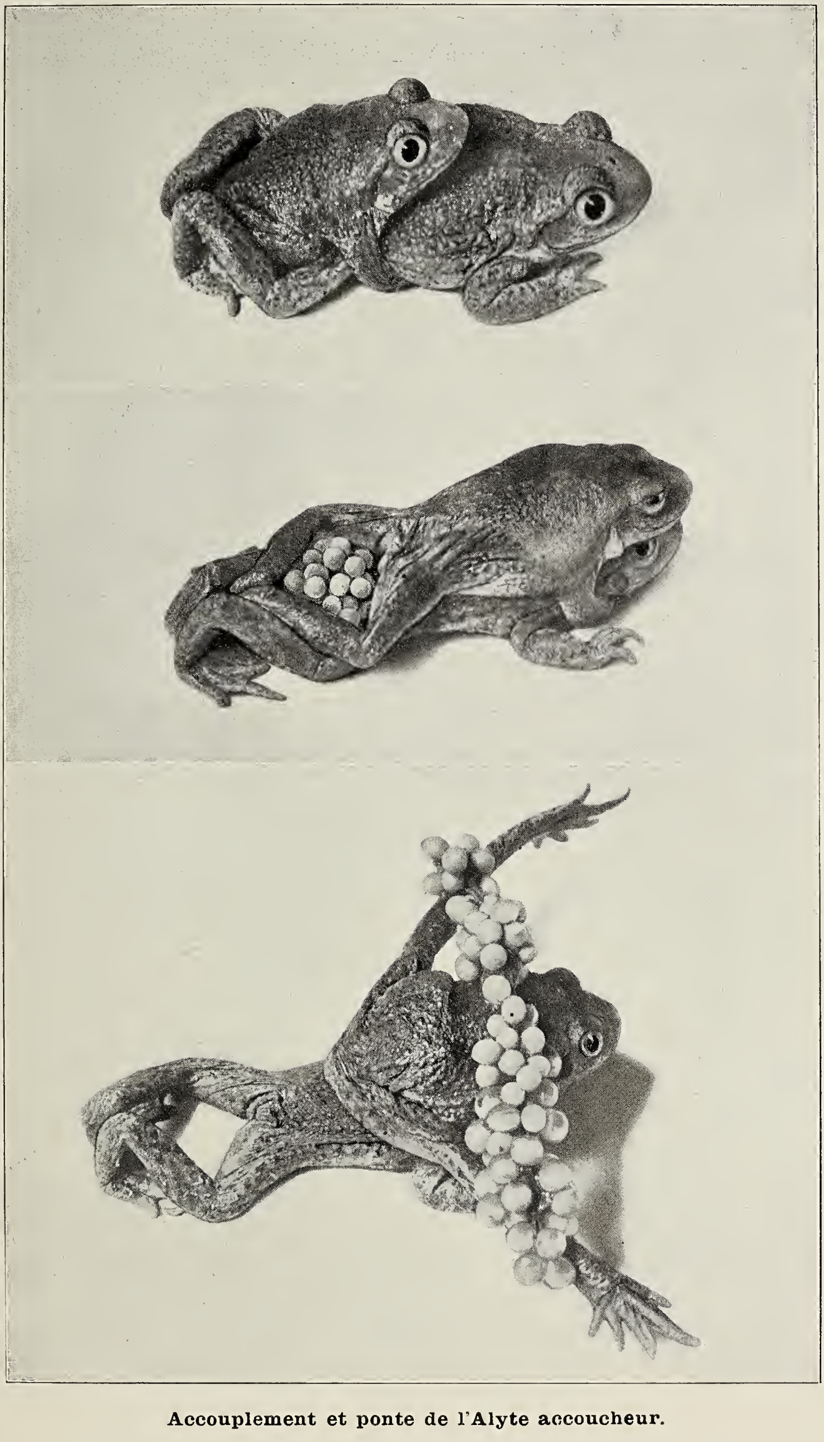
Comme je l'ai dit plus haut, j'ai enlevé, immédiatement après l'accouplement, les œufs à deux des mâles qui venaient de les féconder et de s'en charger. Mon but était de plonger immédiatement ces œufs dans l'eau, dans l'eau même de l'abreuvoir qui devait recevoir les larves à leur éclosion et qui était d'ailleurs rempli de têtards à divers degrés de développement. C'est ce que je fis. L'évolution procéda normalement, me sembla-t-il, jusqu'au cinquième ou sixième jour, jusqu'au moment où l'embryon doit produire ses branchies externes, mais elle n'alla pas plus loin, tout comme dans des expériences que j'avais déjà faites, plusieurs fois, avec des œufs récemment pondus que j'avais enlevés aux mâles ou dont ceux-ci s'étaient débarrassés en captivité Je voulais voir si, en opérant immédiatement après la ponte et avec de l'eau offrant toutes les garanties désirables, je réussirais à répéter le fait obtenu plus d'une fois par M. Kammerer (¹), notamment le développement complet d'œufs placés dans l'eau. Après l'insuccès de mes expériences, comme de celles de Héron-Royer et de de l'Isle (²), je suis convaincu que

---

(¹) *Archiv für Entwickelungsmech.*, XXII, 1906, p. 69, et XXVIII, 1909, p. 447.

(²) « J'ai, à plusieurs reprises, enlevé à des Alytes leurs œufs frais pondus que j'ai immergés dans l'eau des mares où l'on rencontre leurs têtards, et ils ont rapidement cessé d'évoluer. J'ai soumis à la même expérience d'autres œufs plus avancés dans leur développement : le même résultat en est advenu. Enfin, j'ai pris des œufs dont les germes déjà grands offraient des branchies externes entièrement développées : vingt-quatre heures, trente heures après, ces germes se tournaient et se retournaient encore parfaitement dans l'œuf; mais le surlendemain, après quarante-huit heures d'immersion, ils avaient perdu le mouvement et la vie. » (A. de l'Isle, *Ann. des sciences nat., Zool.*, XVII, 1873, n° 13, p. 12.)

G.-A. BOULENGER, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10. 1912.



Accouplement et ponte de l'Alyte accoucheur.

les œufs de l'Alyte de France et de Belgique sont incapables de subir dans l'eau leur évolution complète. Il en serait autrement des Alytes de Westphalie, appartenant pourtant à la même espèce, puisque Kammerer, opérant avec ceux-ci, ne semble avoir aucune difficulté à contrarier ainsi l'ordre de la nature. L'atavisme qu'il invoque pour ramener ainsi ces œufs à l'état de ceux que pondent les Anoures moins spécialisés sous ce rapport, s'étendrait aussi, selon lui (1), au mâle s'accouplant à l'eau, car il mentionne et figure chez celui-ci des rugosités noirâtres au bord interne du premier doigt. Or, ayant pu manier et examiner soigneusement un Alyte accouplé, j'ai constaté que non pas un mais deux doigts sont appliqués sur la région pubienne de la femelle, fait qui n'avait pas encore été signalé. Comme les rugosités nuptiales, ou brosses copulatrices, sont toujours en rapport avec le mode d'accouplement, elles devraient se développer sur les deux doigts internes de l'Alyte et non sur le premier seulement, comme c'est le cas chez les Grenouilles, dont le doigt interne est seul en contact avec la poitrine de la femelle durant l'amplexus. Je crois donc pouvoir émettre des doutes sur l'exactitude de ce cas d'atavisme si surprenant qui s'ajoute à tant d'autres, plus merveilleux encore, dans les expériences faites à Vienne sur le retour de l'Alyte à la parturition aquatique.

---

(1) 1909, *loc. cit.*, et *Die Abstammungslehre*, p. 116 (1911).

CHIMIE DES COLLOÏDES. — **Formation de colloïdes nouveaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques** (Note préliminaire),

par MAURICE PHILIPPSON.

Dans un travail précédent (¹), j'ai démontré :

1° Que l'argent colloïdal n'est pas précipité par l'immersion et le séjour, dans son hydrosel, de plaques métalliques constituées par des métaux à tension de dissociation électrolytique voisine de celle de l'argent, mais moins forte (platine et or). Je n'ai pas observé, en effet, de précipitation pour le platine au bout de cinquante et un jours, pour l'or au bout de septante-six jours ;

2° Qu'au contraire l'argent colloïdal est précipité, avec des vitesses variables, par des métaux à tension de dissociation plus forte et très différente de celle de l'argent (cuivre, cadmium, zinc) ;

3° Que cette précipitation est due à la plaque métallique elle-même et non à la présence de substances provenant de cette plaque et dissoutes ou entraînées par l'eau. En effet, de l'eau distillée, troublée par suite du séjour prolongé d'une plaque de zinc, ne parvient pas, si l'on a enlevé cette plaque de zinc, à déterminer la précipitation.

J'ai poursuivi ces recherches dans le but d'établir si la différence de tension de dissociation électrolytique agissait dans quelque sens qu'elle se présentât et suis arrivé aux résultats que je vais décrire.

Pour avoir un colloïde d'un métal à tension de dissociation électrolytique moyenne vis-à-vis duquel le platine (à dissociation faible) fût électropositif, pendant que le zinc (à dissociation forte) serait négatif, j'ai préparé, par la méthode de Bredig, un colloïde de cuivre. Ce colloïde n'était pas très stable et a

---

(¹) *Zeitschr. für Chemie und Industrie der Kolloide*, vol. XI, p. 49, 1912.

commencé à se précipiter spontanément au bout de six jours.

A la lumière de l'arc, il donnait, macroscopiquement, un faisceau de Tyndall rougeâtre et scintillant. Examiné à l'ultramicroscope (condensateur à miroir de Leitz, grossissement 1600), il présentait des micelles rares, gros et rougeâtres, animés du mouvement brownien.

C'est au moyen de ce colloïde que nous avons fait les expériences suivantes :

3 centimètres cubes de la solution de cuivre colloïdal ont été placés, le 13 juin 1912, dans chacun des tubes numérotés de 1 à 6.

Les tubes numérotés 1 et 4 ont servi de témoins.

Dans chacun des tubes 2 et 5, on a immergé une plaque de platine d'environ 1 centimètre carré, qui, immédiatement avant son immersion, avait été soigneusement nettoyée à l'acide, à l'eau, à l'alcool et à l'éther.

Dans chacun des tubes 3 et 6, on a immergé une plaque de zinc de même dimension, polie et nettoyée à l'alcool et à l'éther.

Les tubes 1, 2 et 3 ont été ensuite soumis à l'ébullition et scellés à la lampe. Les tubes 4, 5 et 6 ont été scellés de même sans avoir subi l'ébullition.

Le résultat des observations a été le suivant :

Dans les tubes 2 et 3, au bout d'un quart d'heure, le faisceau de Tyndall avait changé de couleur : de rouge il était devenu blanc.

Le même phénomène fut observé dans les tubes 5 et 6, mais le lendemain seulement.

Il est à remarquer que dans le tube 2, contenant du platine, et dans les tubes 3 et 6, contenant du zinc, le faisceau de Tyndall était plus fort que dans les tubes témoins ; de plus, le faisceau était d'un blanc vif et parfaitement homogène ; rien de pareil dans les tubes témoins.

Une photographie prise le 15 juin montre nettement que le faisceau de Tyndall produit par le tube 6 contenant le zinc est beaucoup plus intense que celui de la solution du tube témoin.

L'examen ultra-microscopique révèle aussi des différences qui correspondent aux modifications constatées dans les propriétés optiques. Au lieu de micelles rares, gros et rougeâtres, constatés dans la solution primitive, nous apercevons dans le liquide du tube 2 des micelles nombreux, les uns volumineux, les autres très petits et parfaitement blancs; dans le liquide du tube 6, les micelles sont également nombreux, mais tous sont ici très petits et blancs.

Sous cette forme nouvelle, les colloïdes ne se sont pas montrés très stables : après quatre à quinze jours, toute trace du phénomène de Tyndall avait disparu.

En présence de ce fait, nous nous sommes demandé si en séparant le colloïde des éléments qui lui avaient donné naissance on n'arriverait pas à le conserver.

Nous avons mis en présence 3 centimètres cubes du cuivre colloïdal et une plaque de platine; après huit jours, alors qu'un faisceau de Tyndall d'un blanc vif, parfaitement homogène, avait remplacé le faisceau rouge du cuivre, nous avons soigneusement filtré la solution. Sur le filtre s'est déposée une très petite quantité d'une poudre noirâtre semblant être du cuivre; nous avons conservé depuis le liquide colloïdal : il n'a présenté aucune variation.

Sans avoir eu recours à des analyses chimiques, nous pouvons donc affirmer que par leurs caractères macroscopiques et ultra-microscopiques, ainsi que par leur stabilité, les colloïdes qui ont pris naissance dans nos expériences sont essentiellement différents du colloïde préexistant, et nous croyons pouvoir conclure que dans les conditions où nous avons expérimenté :

I. Un métal est précipité de sa solution colloïdale aussi bien par un métal à tension de dissociation plus forte que par un métal à tension de dissociation plus faible;

II. Le métal précipitant (sans doute sous l'action des charges électriques que le colloïde perd par sa précipitation) peut prendre à son tour l'état colloïdal.

ANALYSE ET GÉOMÉTRIE. — **Sur un problème relatif aux invariants intégraux,**

par TH. DE DONDER.

§ 1. — ÉNONCÉ ET SIGNIFICATION GÉOMÉTRIQUE DU PROBLÈME TRAITÉ.

On sait que pour tout mouvement sans déformation dans un plan euclidien les coordonnées rectangulaires x,y d'un point quelconque subissent la transformation

$$\left\{\begin{array}{l} x' = a + x\cos\varphi - y\sin\varphi \\ y' = b + x\sin\varphi + y\cos\varphi, \end{array}\right. \tag{I}$$

où x', y' désignent les coordonnées du point considéré après le déplacement rigide, défini par les trois paramètres arbitraires a, b et φ. A la transformation (I) correspond la transformation infinitésimale

$$\frac{dx}{\alpha - \gamma y} = \frac{dy}{\beta + \gamma x} = dt, \tag{1}$$

où α, β, γ sont trois paramètres arbitraires et où dt est un accroissement infinitésimal donné à la variable auxiliaire t, qu'on pourrait appeler le temps ou l'instant initial.

Considérons dans ce même plan une droite

$$ux + vy + w = 0.$$

Après la transformation (I), cette droite sera devenue une autre droite, dont nous écrirons l'équation comme suit :

$$u'x' + v'y' + w' = 0,$$

ou, en vertu de (I) :

$$x(u'\cos\varphi + v'\sin\varphi) + y(-u'\sin\varphi + v'\cos\varphi)$$
$$+ (u'a + v'b + w') = 0.$$

Cette équation devra être satisfaite chaque fois que l'équation

$$ux + vy + w = 0$$

le sera; d'où les conditions nécessaires et suffisantes :

$$\left\{\begin{aligned} u &= k(u' \cos\varphi + v' \sin\varphi) \\ v &= k(-u' \sin\varphi + v' \cos\varphi) \\ w &= k(u'a + v'b + w'), \end{aligned}\right. \tag{II}$$

le symbole k jouant le rôle de facteur de proportionnalité.

L'objet principal de ce mémoire est la recherche de tous les invariants intégraux absolus et relatifs de la transformation (II), *lorsqu'on suppose que le facteur* k *est une constante arbitraire.* Au groupe de transformations (II) correspond alors la transformation infinitésimale

$$\frac{du}{\varepsilon u - \gamma v} = \frac{dv}{\varepsilon v + \gamma u} = \frac{dw}{\varepsilon w - \alpha u - \beta v} = dt, \tag{2}$$

où ε est aussi une *constante arbitraire* (indépendante de u, v et w).

Aux §§ 2, 3 et 4 nous avons successivement trouvé les invariants intégraux absolus suivants :

$$A_1 \equiv \int \delta \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{u}{v},$$

$$B_1 \equiv \int \delta \log (u^2 + v^2),$$

$$A_2 \equiv \iint \frac{u\delta v\delta w + v\delta w\delta u + w\delta u\delta v}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}},$$

$$B_2 \equiv \iint \frac{\delta u\delta v}{u^2 + v^2},$$

$$A_3 \equiv \iiint \frac{\delta u\delta v\delta w}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Tous les invariants intégraux de (II) peuvent se déduire, par voie d'addition, de ces invariants intégraux, après les avoir multipliés par des constantes arbitraires; mais les invariants ainsi obtenus ne seront pas considérés comme distincts des précédents.

Tous ces invariants intégraux sont des différentielles *exactes* (au sens de H. Poincaré) et fournissent immédiatement les invariants intégraux relatifs de (II) ou (2).

Quelle est la signification géométrique des invariants intégraux qui répondent à notre problème? Pour fixer les idées, considérons A_3; prenons *d'abord* dans l'espace ponctuel à trois dimensions un volume quelconque V auquel nous étendrons l'intégrale A_3; après la transformation (II), ce volume V sera devenu V' : l'intégrale A_3 étendue à V' aura conservé la même valeur. A ce volume V correspond, dans le plan, une congruence C de droites; au volume V' correspond une autre congruence C', qui n'est autre que la congruence C ayant subi un déplacement rigide. Nous pouvons donc dire que *tout ensemble infini de droites défini au moyen de l'espace* u, v, w possède les invariants intégraux A_1, B_1 (s'il s'agit d'une ∞^1 de droites) et les invariants intégraux A_2, B_2, A_3 (s'il s'agit d'une ∞^2 de droites).

Remarque. — Considérons, dans le plan, une congruence de droites et supposons que cet ensemble de droites satisfasse aux équations

$$\left\{\begin{aligned} u &= u(\lambda, \mu) \\ v &= v(\lambda, \mu) \\ w &= w(\lambda, \mu), \end{aligned}\right.$$

où λ et μ sont deux variables indépendantes; il est évident que ce *même* ensemble de droites satisfera aux équations

$$\left\{\begin{aligned} u &= k(\lambda, \mu)u(\lambda, \mu) \\ v &= k(\lambda, \mu)v(\lambda, \mu) \\ w &= k(\lambda, \mu)w(\lambda, \mu), \end{aligned}\right.$$

où k (λ, μ) est une *fonction arbitraire* de λ et de μ. Il en résulte que si l'on veut attacher un invariant intégral *à un ensemble infini de droites, défini de cette dernière manière*, il *faut* que le facteur K puisse être une fonction arbitraire des variables λ et μ. On vérifiera aisément que, parmi les invariants intégraux qui satisfont à notre problème, les invariants A_1 et A_2 seuls satisfont à cette nouvelle condition. Il n'existe pas d'autres invariants intégraux absolus que A_1 et A_2, puisque la condition : $k \equiv$ *fonction arbitraire*, comprend comme cas particulier : $k \equiv$ *constante arbitraire*. Nous dirons que A_1 et A_2 sont les seuls invariants intégraux *intrinsèques* du plan réglé.

Ce théorème est dû à M. Cartan (*). La remarque que nous venons de développer nous a été suggérée par M. le Prof^r^ Demoulin.

Si l'on considérait k comme une constante *numérique*, *un* par exemple, le groupe (II) aurait une infinité d'invariants intégraux absolus renfermant des fonctions arbitraires, qui rendraient difficile la recherche des invariants intrinsèques A_1 et A_2 ; ce problème me paraît cependant intéressant, parce qu'il nous fait pénétrer aussi dans le domaine d'invariance attaché aux mouvements rigides d'ensembles infinis de droites.

§ 2. — INVARIANTS INTÉGRAUX 1-uples.

Pour trouver les invariants intégraux absolus 1-uples du système (2), on calculera d'abord, en vertu de ces équations, $\frac{dI_1}{dt}$, où

$$I_1 \equiv \int A\delta u + B\delta v + C\delta w,$$

(*) E. CARTAN, Le principe de dualité et certaines intégrales multiples de l'espace tangentiel et de l'espace réglé. (*Bull. Soc. math. de France*, 1896, t. XXIV, pp. 140-177.) M. Cartan a considéré en outre d'autres déplacements : je me propose de reprendre cette question dans un autre mémoire consacré à l'optique géométrique.

et où A, B, C sont trois fonctions encore inconnues de u, v, w.

On annulera ensuite les coefficients de $\alpha\delta u$, $\alpha\delta v$, $\alpha\delta w$, $\beta\delta u$, $\beta\delta v$, $\beta\delta w$, $\gamma\delta u$, ... $\varepsilon\delta w$; on obtiendra ainsi un système de douze équations, qu'il faudra intégrer pour obtenir A, B, C. On remarquera d'abord que $C = 0$ et que $\frac{\partial A}{\partial w} = 0$; après quelques transformations, le système se réduit aux quatre équations

$$\frac{\partial A}{\partial u} u + \frac{\partial A}{\partial v} v + A = 0,$$

$$\frac{\partial B}{\partial u} u + \frac{\partial B}{\partial v} v + B = 0,$$

$$\frac{\partial A}{\partial u} = - \frac{\partial B}{\partial v},$$

$$\frac{\partial A}{\partial v} = \frac{\partial B}{\partial u}.$$

Les deux premières prouvent que A et B sont homogènes en u et v et de degré -1 ; les deux dernières montrent que A et B sont deux fonctions harmoniques conjuguées. La solution la plus générale de la première équation est $A = \frac{1}{v} \psi \left(\frac{u}{v}\right)$, où $\psi \left(\frac{u}{v}\right)$ représente une fonction arbitraire de $\frac{u}{v}$; en vertu de la dernière, nous poserons $A = \frac{\partial \varphi}{\partial u}$, $B = \frac{\partial \varphi}{\partial v}$, où φ est une fonction arbitraire de u et de v; en rapprochant ces expressions de A et de B, on trouve que

$$\varphi = \Psi \left(\frac{u}{v}\right) + c \log v$$

et

$$B = - \frac{u}{v^2} \psi \left(\frac{u}{v}\right) + \frac{c}{v},$$

où $\Psi \left(\frac{u}{v}\right)$ représente la fonction primitive de $\psi \left(\frac{u}{v}\right)$ et où c est une constante arbitraire; au cours des calculs, on a tenu compte de la seconde équation. Il ne reste donc plus qu'à satisfaire à la troisième équation; en posant $\frac{u}{v} = z$, on trouve, après avoir dérivé et intégré, que

$$\psi(z) = \frac{cz + c'}{1 + z^2};$$

d'où

$$\varphi(z) = \frac{c}{2}\log(1 + z^2)v^2 + c' \operatorname{arc\,tg} z.$$

Le système (2) n'admet donc que les deux invariants intégraux *absolus* 1-uples distincts :

$$\int \delta \operatorname{arc\,tg} \frac{u}{v},$$

$$\int \delta \log(u^2 + v^2).$$

§ 3. — INVARIANTS INTÉGRAUX 2-uples.

La même méthode s'applique évidemment aux invariants intégraux de multiplicité quelconque. Pour trouver les invariants intégraux absolus 2-uples du système (2), posons

$$I_2 \equiv \int A\delta u\delta v + B\delta u\delta w + C\delta v\delta w;$$

calculons $\frac{dI_2}{dt}$ et annulons encore les coefficients de $\alpha\delta u\delta v$, ... $\varepsilon\delta v\delta w$; nous obtiendrons ainsi un système de douze équations servant à déterminer A, B, C. On remarquera d'abord que B et C sont indépendants de w et fonctions de $u^2 + v^2$; on verra d'autre part qu'on peut poser

$$A \equiv w\varphi(u^2 + v^2) + \psi(u^2 + v^2),$$

où

$$\varphi(u^2 + v^2) \quad \text{et} \quad \psi(u^2 + v^2)$$

sont deux fonctions arbitraires de $u^2 + v^2$; il en résultera que

$$C = u\varphi(u^2 + v^2) \quad \text{et que} \quad B = -v\varphi(u^2 + v^2);$$

substituant ces expressions dans d'autres équations différentielles, on trouvera que

$$\varphi = \frac{c}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Une dernière équation permettra de déterminer $\psi(u^2 + v^2)$; une quadrature nous fournira

$$\psi(u^2 + v^2) = \frac{c'}{u^2 + v^2}.$$

Il en résulte que le système n'admet que les invariants intégraux *absolus* 2-uples :

$$\int\int \frac{u\delta v\delta w + v\delta w\delta u + w\delta u\delta v}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\int\int \frac{\delta u\delta v}{u^2 + v^2}.$$

Ces deux invariants sont deux différentielles *exactes* 2-uples ; par conséquent, il y a deux invariants intégraux *relatifs* 1-uples :

$$\int \frac{v(w\delta u - u\delta w)}{u^2(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\int \frac{1}{u} \operatorname{arc\,tg} \frac{u}{v}\, \delta u.$$

Il n'y en a pas d'autres.

§ 4. — Invariant intégral 3-uple.

Pour trouver les invariants intégraux absolus 3-uples du système (2), il suffit de trouver les multiplicateurs de Jacobi de ce système, c'est-à-dire les fonctions A de u, v, w, qui satisfont à

$$\frac{\partial A}{\partial u}(\varepsilon u - \gamma v) + \frac{\partial A}{\partial v}(\varepsilon v + \gamma u) + \frac{\partial A}{\partial w}(\varepsilon w - \alpha u - \beta v) = -3\varepsilon A,$$

quels que soient α, β, γ, ε. En annulant les coefficients de ces paramètres, on obtient quatre équations qui admettent l'unique solution

$$A = (u^2 + v^2)^{-\frac{3}{2}}.$$

Le système (2) possède donc un seul invariant intégral *absolu* 3-uple :

$$\iiint \frac{\delta u \delta v \delta w}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

De celui-ci, on déduira immédiatement l'unique invariant intégral *relatif* 2-uple du système (2) :

$$\iint \frac{w \delta u \delta v}{(u^2 + v^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Les mêmes méthodes permettraient d'étendre ces recherches à l'espace à n dimensions, ainsi qu'aux espaces non euclidiens, découverts par Lie au moyen de sa théorie des groupes continus.

Juillet 1911.

Physico-chimie. — **Recherches thermochimiques sur la dissolution,**

par Nicolas de KOLOSSOVSKY.

L'étude des différentes propriétés physiques des mélanges et des solutions aqueuses en particulier, montre que le tracé graphique des résultats donne lieu à des courbes avec un ou plusieurs maximums ou avec des points singuliers; entre autres, nous mentionnerons les expériences de Mendéléjeff (*), ensuite de De Heen qui, en 1882 (**), en déterminant les variations de la hauteur capillaire avec la température, a constaté qu'il se produit un certain nombre de points singuliers, points qui répondraient à l'achèvement d'une transformation, achèvement correspondant à l'existence d'un composé défini nageant au sein de la solution. De plus, les travaux d'Étard (***) et les recherches toutes récentes de Kournanow sur le frottement interne conduisent au même résultat.

Ces faits ne pouvaient être expliqués autrement qu'en admettant l'existence de certaines forces agissant entre les molécules des substances mélangées. Comme conséquence immédiate de la constatation de l'existence de ces forces naquirent les différentes théories d'hydrates : celle de Mendéléjeff (IV), qui admet l'existence d'hydrates fixes et de composition relativement simple; celle de Pickering, qui suppose la formation d'hydrates contenant une grande quantité d'eau, jusqu'à quelques milliers de molécules pour une molécule du corps dissous, et, enfin, les théories où l'on admet la combinaison entre la molécule du

---

(*) *De la combinaison de l'alcool avec l'eau.* Saint-Pétersbourg, 1865.

(**) P. De Heen, Essai de physique comparée. (*Mém. in-8° de l'Acad. roy. de Belgique*, 1883.)

(***) *Comptes rendus*, 1884.

(IV) *Recherches sur les densités des solutions aqueuses.* Saint-Pétersbourg, 1887.

corps dissous avec toutes les molécules du dissolvant. Davidts (*) a constaté également des variations de volume brusques à certaines températures.

Les recherches de Van t' Hoff sur les phénomènes de l'osmose et les observations relatives aux anomalies dans les pressions osmotiques, qu'il était difficile d'expliquer au moyen de la théorie d'hydratation, ont fait naître la théorie de dissociation électrolytique.

Cette théorie, ayant jeté une grande clarté sur certains phénomènes et ayant donné lieu à des recherches importantes, est devenue en même temps antagoniste des théories d'hydratation, et l'on peut dire même qu'elle les a fait perdre de vue. Mais comme la plupart des conceptions abstraites, l'hypothèse d'Arrhenius devait devenir un jour insuffisante : c'est ce que montrent un grand nombre de travaux dirigés contre cette théorie, travaux qu'il serait trop long de citer ici.

Reychler (**) a tâché d'éliminer certaines inconséquences en émettant la théorie des ions mobiles, qui cadre bien avec les faits de la thermochimie.

Mais le fait dénué de toute hypothèse défendit hautement sa cause, et toutes les propriétés des solutions sont venues montrer l'impossibilité d'admettre des ions absolument libres et l'inertie complète du dissolvant ; c'est alors que les théories d'hydratation évoluées devaient revoir le jour.

Deux genres de théories à première vue complètement opposées ont pu s'unir pour donner une conception plus parfaite et mieux d'accord avec les faits expérimentaux.

La théorie de Jones et Chambres (***), suivant laquelle, outre les molécules, les ions par eux-mêmes libres peuvent former des hydrates, dont la composition varie avec la concentration, étant un pas de plus vers la vérité, présente un grand nombre d'avantages et commence à se propager dans le monde savant.

(*) *Physikalisches Zeitschrift*, t. XIII, p. 303, 1912.

(**) *Théories physico-chimiques*, p. 267.

(***) Nombreuses publications dans l'*Amer. Chem. Journ.*, à partir de 1899.

La théorie de l'iodynamisme de De Heen (*), en ne la considérant que superficiellement, c'est-à-dire en n'entrant pas dans la discussion de la structure interne des atomes, présente certaines ressemblances avec la théorie précédente, admettant la possibilité d'une hydratation, et lui est d'ailleurs antérieure.

La particularité fondamentale consiste dans la supposition que les atomes des corps dissous restent unis par des chaînes ioniques qui ne sont que simplement relâchées, conception qui explique beaucoup mieux encore les propriétés additives et surtout les écarts de ces propriétés.

Le problème qui n'est pas encore résolu et qui est à l'ordre du jour consiste dans la question de savoir le mode d'union entre le dissolvant et le corps dissous. La composition des hydrates est-elle variable ou bien présente-t-elle un certain degré de stabilité?

Ne serait-il pas vraisemblable que chaque ion se comportât comme s'il formait un hydrate déterminé et notamment dont la composition serait indépendante des autres ions présents, c'est-à-dire que la composition de l'hydrate formé par l'ion-sodium, par exemple, serait la même si nous le prenons à l'état de chlorure ou à l'état de nitrate?

Ces hydrates peuvent naturellement être plus ou moins dissociés sous l'influence de la dilution et de la température.

Cette idée nous a été suggérée par l'étude des variations du coefficient de partage sous l'influence des sels dissous (**).

La conception de l'hydratation ionique donnerait une explication satisfaisante de la raison du fait de la variation du coefficient de partage en la considérant comme une substitution chimique.

Et attendu que cette variation a été trouvée être une propriété additive, la conséquence nécessaire serait que les ions s'unissent

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique.*

(**) *Bull. de la Soc. chim. de Belgique,* 1911. — *Bull. de la Soc. chim. de France,* 1911, p 631.

à la même quantité d'eau, indépendante de la nature du restant de la molécule.

Un phénomène très proche du partage entre deux dissolvants est celui de la séparation d'un mélange liquide en deux couches, phénomène connu depuis longtemps, mais dont l'étude plus complète a été faite en 1907 par Smirnoff (*), sur le système eau-acide isobutyrique.

Dans son mémoire, l'auteur étudie l'influence de différents sels potassiques et de différents chlorures sur le dédoublement d'une solution aqueuse d'acide isobutyrique; et ce qui ne lui a pas permis de trouver encore une fois l'additivité du phénomène, c'est qu'il n'est pas sorti de ces deux séries, tandis que l'étude d'un sel de plus ne rentrant pas dans ces deux classes, le nitrate de sodium par exemple, lui aurait fait retrouver la loi dite des modules.

En revenant à l'hydratation ionique, il y a lieu de remarquer qu'une pareille hypothèse ne se trouverait pas en contradiction avec les faits observés lors de l'étude des propriétés physiques des mélanges, et, combinée avec les idées relatives à la grandeur moléculaire des corps, permettrait pour ainsi dire d'aller plus loin au fond des choses.

Il nous a semblé que les études thermochimiques devraient jeter une plus grande lumière sur les phénomènes de dissolution et notamment éclairciraient leur nature chimique, l'effet thermique étant la meilleure expression de l'affinité.

Les déterminations des chaleurs de dissolution dans les mélanges binaires n'ont pas été faites jusqu'à présent d'une manière suivie. Il en existe à notre connaissance quelques-unes isolées (**), mais qui, de ce chef, ne sont pas suffisantes, et c'est à cette fin que nous avons entrepris une série d'expériences

---

(*) *Journ. de la Soc. phys. chim. de Russie*, t. XXXIX, p. 78.

(**) Tanatar et ses collaborateurs, *Journ. de la Soc. phys. chim. de Russie*, XXVII, 49,129, XXIX, 185; de Forerand, *Comptes rendus*, 1886, 1895; *Ann. de chim. et de phys.*, 1887.

dont l'exposé des résultats débute par la présente note, traitant des chaleurs de dissolution de NaCl dans les solutions aqueuses d'alcool éthylique.

Pour nos expériences, nous nous sommes servi du calorimètre de Berthelot, le vase à réaction de 1,500 centimètres cubes de capacité étant en cuivre doré. Les températures ont été mesurées au moyen d'un thermomètre de Beckmann, n° 36971, divisé en centièmes de degré, et les millièmes étaient évalués à l'œil. Les déterminations des chaleurs spécifiques ont été faites par la méthode dite de mélanges et le chauffage des boules de cuivre doré effectué dans l'appareil Longuinine, dont on trouvera la description dans le *Traité de physique* de Chwolson (*).

La capacité calorifique du métal des appareils a été déterminée expérimentalement, et les résultats calculés suivant la formule

$$C_{cu} = \frac{(SC' + L)(t'_n - t_0)}{(T - t_n)B - K(t'_n - t_0)},$$

C_{cu} étant la chaleur spécifique cherchée du cuivre;

S, le poids de l'eau dans le calorimètre;

c', la chaleur spécifique de l'eau à la température moyenne de l'expérience $\frac{t_n + t_0}{2}$ (**);

$t'_n - t_0$, la variation de la température, corrigée suivant la de formule de Regnault-Pfaundler;

B, le poids de la boule;

$T - t_n$, l'abaissement de la température de la boule;

K, le poids du vase calorimétrique, agitateur, etc. = $367^{gr}5$;

L, la valeur en eau de la partie immergée du thermomètre = 2 grammes.

(*) Tome III, p. 160.

(**) Moyenne des données de Bartoli et Straciatti, Ludin, Rowland, Griffiths, Callendar et Barnes, réunies dans le tome III, page 148, du *Traité de physique* de Chwolson.

Déterminations de la chaleur spécifique du cuivre.

S	$\frac{tn + to}{2}$	c'	$t'_n - t_o$	B	$T - t_n$	C_{cu}
1270	15°9	0.9997	0°2126	36,4966	80°80	0,0942
1000	17°1	0.9995	0°2647	»	80°00	0,0937
1300	17°6	0.9994	0°2029	»	79°39	0,0935
1330	18°8	0.9991	0°1893	»	78°03	0,0932
1300	19°4	0.9989	0°3574	65,3321	77°41	0,0944
1300	19°6	0.9988	0°3562	»	77°20	0,0943
1100	20°1	0.9987	0°2338	36,4966	76°93	0,0947
1300	22°1	0.9985	0°5354	101,8287	74°85	0,0937
					Moyenne :	0,094

Le chiffre trouvé concorde assez bien avec celui de Schmitz (0.0936) (*) et est sensiblement supérieur au chiffre donné par Berthelot (**) et par Ostwald (0.091) (***).

Nous passerons maintenant aux expériences proprement dites qui sont consignées dans les huit tableaux suivants.

Les dissolvants ont été préparés en général en grande quantité et par conséquent les pesées directes étaient impossibles ; pour fixer la composition, on s'est servi de la détermination des densités qui, ramenées au vide, étaient comparées aux données de Mendéléjeff (IV).

(*) LANDOLT-BÖRNSTEIN, *Tabellen*, 3. A., p. 385.

(**) *Traité pratique de calorimétrie chimique.*

(***) *Mesures physico-chimiques.*

(IV) Voir également LANDOLT-BÖRNSTEIN, p. 358.

On a toujours cherché à ce que la densité du liquide employé ne diffère plus de ± 0.00002 de celle correspondante à la composition moléculaire voulue, ce qui répond à une erreur possible dans la composition de 0.01 $^{\circ}/_{0}$ en moyenne.

L'alcool, avant d'être dissous, a été traité par la chaux vive et $K_2Mn_2O_8$, puis rectifié par des distillations, et le chlorure de sodium recristallisé et soigneusement desséché était introduit dans un petit récipient en cuivre argenté avec un fond tombant et dont la valeur en eau s'ajoutait à la valeur totale du calorimètre.

Les résultats ont été calculés suivant les formules :

$$Q = -\frac{M}{p}(t_0 - t'_n) - \frac{M}{p}(t_0 - t'_n)SC$$

et

$$C = \frac{V(T - t_n) - W(t'_n - t_0)}{S(t'_n - t_0)},$$

p étant le poids de NaCl mis en expérience;

S, le poids de la solution;

M, le poids moléculaire du sel = 58.46;

t_0, la température initiale;

t'_n, la température finale corrigée;

W, la valeur en eau du calorimètre, etc.;

$A = -\frac{M}{p}(t_0 - t'_n)W$, la chaleur cédée par les appareils, par molécule de sel dissous;

$B = -\frac{M}{p}(t_0 - t'_n)S$;

C, la chaleur spécifique du liquide;

$T - t_n$, l'abaissement de la température de la boule;

V, la valeur en eau de la boule;

Q, la chaleur moléculaire de dissolution de NaCl.

I. — $NaCl + 200\ H_2O + 10\ C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,98125
°/₀ d'alcool.	11.33 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1219,10	1219,10
p	17,538	17,538
S	1236,64	1236,64
$\frac{M}{p}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{10}{3}$
t_o	23°3202	23°3999
$t_{,}^{n}$	22°9030	22°9764
$t'_n - t_o$	- 0°4172	- 0°4235
W	42,6	42,6
A + BC	59,2 + 1719,7 C.	60,1 + 1745,7 C.

Chaleur spécifique.

t_o	22°9367	22°3717	23°1170	23°2843
t'_n	23°4901	22°9934	23°5116	23°6782
$t'_n - t_o$	+ 0°5534	+ 0°6217	+ 0°3946	+ 0°3939
T — t_n	73°91	74°43	73°70	74,02
S	1230	1100	1100	1100
V	9,572	9,572	6,141	6,141
W	36,5	36,5	36,5	36,5
C	1,0097	1,0086	1,0095	1,0160

C moyenne	1,011	
Q	— 1798 cal.	— 1825 cal.
Q moyenne	— 1811 cal.	

II. — $NaCl + 200 H_2O + 20 C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,97051
°/₀ d'alcool.	20.36 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1131,05	1131,05
p	14.615	14,615
s	1145,77	1145,77
$\frac{M}{p}$	4	4
t_0	20°8529	21°0440
t'_n	20°3265	20°5233
$t'_n - t_0$	0,5264	- 0°5207
w	42.6	42,6
A + BC	89,7 + 2412,5 C.	88,7 + 2386,4 C.

Chaleur spécifique.

t_0	20°6740	20°5970	20°0590	22°8270
t'_n	21°2782	21°2262	20°6637	23°3476
$t'_n - t_0$	+ 0°6042	+ 0°6292	+ 0°6047	+ 0°5206
$T - t_n$	75°72	75°80	76°34	74°11
s	1145	1100	1145	1300
v	9,572	9,572	9,572	9.572
w	36,5	36,5	36,5	36,5
C	1,0158	1,0151	1,0235	1,0201

C moyenne.	1,019	
Q	- 2547 cal.	- 2518 cal.
Q moyenne.	- 2533 cal.	

III. — NaCl + 200 H_2O + 30 C_2H_5OH.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,96011			
°/o d'alcool.	27.72 °/o			
Chaleur de dissolution de NaCl.				
Dissolvant.	1246,15		1246,15	
p	14,615		14,615	
s	1260,77		1260,77	
$\frac{M}{p}$	4		4	
t_0	22°5692		22°3182	
t'_n	22°0226		21°7666	
$t'_n - t_0$	- 0°5468		- 0°5516	
w	42,6		42,6	
A + BC	93,2 + 2757,5 C.		94,0 + 2781,7 C.	
Chaleur spécifique.				
t_0	23°1580	22°0602	19°6788	20°3946
t'_n	23°6966	22°6294	20°2651	20°9746
$t'_n - t_0$	+ 0°5386	+ 0,5692	+ 0°5863	+ 0°5800
$T - t_n$	73°75	74°47	76°73	76°03
s	1260	1200	1200	1200
v	9,572	9,572	9,572	9.572
w	36°5	36,5	36.5	36,5
C	1,0113	1,0146	1,0135	1,0153
C moyenne.	1,014			
Q	- 2889 cal.		- 2914 cal.	
Q moyenne.	- 2901 cal.			

IV. — $NaCl + 200\ H_2O + 33\,^1/_3\ C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,95678	
°/o d'alcool.	29.78 °/o	
	Chaleur de dissolution de NaCl.	
Dissolvant.	1284,53	
p	14,615	
S	1299,15	
$\frac{M}{p}$	4.	
t_o	20°5820	
t'_n	20°0070	
$t'_n - t_o$	- 0°5750	
W	42,6	
A + BC	98,0 + 2988,0 C.	
	Chaleur spécifique.	
t_o	20°1550	20°7149
t'_n	20°7029	21°2597
$t'_n - t_o$	+ 0°5479	+ 0°5448
$T - t_n$	75°81	75°70
S	1299	1299
V	9,572	9,572
W	36,5	36,5
C	0,9915	0,9958
C moyenne	0,994	
Q	— 3067 cal.	

V. — $NaCl + 200\ H_2O + 40\ C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,95013
°/₀ d'alcool.	33.83 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1361,27	1361.27
p	14,615	14,615
s	1375,89	1375,89
$\frac{M}{p}$	4	4
t_o	21°0228	20°7221
t'_n	20°4556	20°1623
$t'_n - t_o$	- 0°5672	- 0°5598
w	42,6	42,6
A + BC	96,6 + 3121,6 C.	95,4 + 3080,9 C.

Chaleur spécifique.

t_o	20°5880	20°1161	20°3591	19°7848
t'_n	21°1107	20°6807	20°8806	20°3372
$t'_n - t_o$	+ 0°5227	+ 0°5646	+ 0°5215	+ 0°5524
T — t_n	76°21	77°32	76°56	76°46
s	1375,5	1285	1375	1300
v	9,572	9.572	9,572	9,572
w	36,5	36,5	36,5	36,5
C	0,9881	0 9916	0,9958	0,9910

C moyenne.	0,992	
Q	- 3192 cal.	- 3150 cal.
Q moyenne.	- 3171 cal.	

VI. — $NaCl + 200\ H_2O + 50\ C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,94051
°/₀ d'alcool.	38.99 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1181,12	1181,12
p	11,692	11,692
S	1192,812	1192,812
$\frac{M}{p}$	5	5
t_0	23°4220	23°7870
t'_n	22°9216	23 2946
$t'_n - t_0$	- 0°5004	- 0°4924
W	42,6	42.6
A + BC	106,6 + 2984,4 C.	104,9 + 2936,7 C.

Chaleur spécifique.

t_0	23°1475	23°2167	22°6703	23°1221
t'_n	23°7302	23°8001	23°3118	23°7592
$t'_n - t_0$	+ 0°5827	+ 0 5834	+ 0°6415	+ 0 6371
T — t_n	73°26	73°35	74°14	73°63
S	1200	1200	1100	1100
V	9,572	9,572	9 572	9,572
W	36,5	36,5	36,5	36,5
C	0,9748	0,9761	0,9691	0,9700

C moyenne	0,973	
Q	— 3009 cal.	— 2961 cal.
Q moyenne	— 2985 cal.	

VII. — $NaCl + 200\ H_2O + 100\ C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,90375
°/₀ d'alcool	56.10 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1231,2	1231.2
p	8,769	8,769
S	1239,97	1239,97
$\frac{M}{p}$	$\frac{20}{3}$	$\frac{20}{3}$
t_o	22°8918	22°4049
t'_n	22°5307	22°0517
$t'_n - t_o$	- 0°3611	- 0°3532
W	42,6	42,6
A + BC	102,5 + 2985,0 C.	99,8 + 2920,8 C.

Chaleur spécifique.

t_o	22°3139	22°5980	22°6676	22°8240
t'_n	23°0315	23°3170	23°3829	23°5353
$t'_n - t_o$	+ 0°7176	+ 0°7190	+ 0°7153	+ 0°7113
T — t_n	74°30	74°13	74°12	73°55
S	1100	1100	1100	1100
V	9,572	9,572	9,572	9,572
W	36,5	36 5	36,5	36,5
C	0.8678	0,8640	0,8752	0,8666

C moyenne	0,868	
Q	— 2695 cal.	— 2636 cal.
Q moyenne	— 2665 cal.	

VIII. — $NaCl + 200 H_2O + 200 C_2H_5OH$.

Dissolvant $d_4^{15,56}$	0,86698
°/₀ d'alcool.	71.88 °/₀

Chaleur de dissolution de NaCl.

Dissolvant.	1281,28	1281,28
p	5,846	5,846
S	1287,13	1287,23
$\frac{M}{p}$	10	10
t_o	20°1730	20°6710
t'_n	19°9672	20°4682
$t'_n - t_o$	- 0°2054	- 0°2024
W	32,6	32,6
A + BC	67 + 2644 C.	66 + 2605 C.

Chaleur spécifique.

t_o	21°5421	21°7629	22°5954	21°9921
t'_n	22°1029	22°3210	23°1531	22°5525
$t'_n - t_o$	+ 0°5608	+ 0°5581	+ 0°5577	+ 0°5604
T — t_n	75°02	74°91	74°11	74°65
S	1000	1000	1000	1000
V	6,141	6,141	6,141	6,141
W	36,5	36,5	36,5	36,5
C	0,7850	0 7859	0,7796	0,7816

C moyenne	0,783	
Q	— 2137 cal.	— 2106 cal.
Q moyenne	— 2121 cal.	

Réunissant les résultats expérimentaux obtenus, nous dressons le tableau suivant :

NUMÉRO.	COMPOSITION du dissolvant.	°/o D'ALCOOL.	CHALEUR spécifique de la solution finale.	CHALEUR de dissolution moléculaire de NaCl.
	200 H_2O	0	0 978 (*)	- 1230 (**)
1	200 H_2O + 10 C_2H_5OH	11.33 °/o	1,011	- 1811
2	200 H_2O + 20 C_2H_5OH	20.36	1,019	- 2533
3	200 H_2O + 30 C_2H_5OH	27.72	1,014	- 2901
4	200 H_2O + $33\frac{1}{3}$ C_2H_5OH	29.87	0,994	- 3067
5	200 H_2O + 40 C_2H_5OH	33.83	0,992	- 3171
6	200 H_2O + 50 C_2H_5OH	38.99	0,973	- 2985
7	200 H_2O + 100 C_2H_5OH	56.10	0,868	- 2665
8	200 H_2O + 200 C_2H_5OH	71.88	0,783	- 2121

Il y a lieu de remarquer un maximum très net dans la valeur absolue de la chaleur de dissolution moléculaire, correspondant au dissolvant contenant vers les 33 °/o d'alcool.

La constatation de ce maximum ne serait pas fort intéressante si elle ne donnait lieu à aucune idée théorique et surtout si nous n'avions pas eu la possibilité de relier sa cause aux faits déjà connus et de lui assigner une place dans l'ordre naturel des phénomènes.

En cherchant à concevoir la raison pour laquelle la dissolution de NaCl dans les solutions aqueuses d'alcool absorbe plus de chaleur que la dissolution dans l'eau pure, on est naturelle-

---

(*) J. Thomsen, *Pogg. Ann.*, t. CXXXXII, 337.

(**) Calculée d'après les chaleurs de dilution, trouvées par J. Thomsen (*Thermochemische Untersuchungen*, t. III, p. 39).

ment amené à comprendre que l'excès de chaleur absorbée vient de la décomposition d'une partie de la combinaison qui existait entre l'eau et l'alcool.

D'autre part, attendu que tout phénomène doit avoir sa cause, la décomposition de cette combinaison devait être provoquée nécessairement par la formation d'une combinaison nouvelle entre le sel introduit et l'eau ; c'est une simple substitution chimique.

Ces considérations donnent donc la raison du fait lui-même de la variation de la chaleur de dissolution moléculaire, mais ne font pas encore prévoir l'existence d'un maximum dans l'allure du diagramme représentant la propriété en question.

Cependant ce maximum a sa parfaite raison d'être et l'on devrait plutôt s'étonner s'il n'en existait point.

Car il correspond à la combinaison la plus stable entre l'eau et l'alcool, celle qui est décelée par le maximum de la chaleur dégagée lors de la dissolution de l'alcool dans l'eau et qui répond, suivant les données de Dupré et Page (*), aux proportions de 30, ou un peu plus, parties d'alcool pour 70 parties d'eau, ce qui ne s'éloigne guère de la position du maximum trouvé dans nos expériences.

La coïncidence du maximum de chaleur absorbée dans la dissolution de NaCl dans l'alcool aqueux, avec le maximum de chaleur dégagée lors de la combinaison de l'alcool avec l'eau, nous semble être une preuve imposante en faveur de la théorie des hydrates stables dans les dissolutions. Il y a lieu de mentionner ici un fait qui semble à première vue en désaccord avec l'opinion qu'un maximum doit correspondre à un hydrate.

En effet, l'étude des propriétés physiques des solutions aqueuses d'alcool au point de vue de leur tracé graphique montre que toutes ces propriétés possèdent un maximum au sens absolu pour le liquide contenant vers les 20 °/₀ d'alcool.

(*) *Pogg. Ann.*, Ergbd. V, pp. 221, 233.

Mentionnons, entre autres : le diagramme de la dérivée $\frac{ds}{dp}$ de Mendéléjeff (*), dont le maximum correspond selon lui à la composition $C_2H_6O + 12\ H_2O$, c'est-à-dire à 17.56 °/₀ d'alcool; le diagramme des chaleurs spécifiques des solutions aqueuses d'alcool, d'après les recherches de Dorochevsky et Rakovsky (**), possède un maximum correspondant à 20 °/₀ d'alcool; le diagramme des chaleurs spécifiques des liquides mis en œuvre dans les présentes expériences indique un maximum pour la proportion de 20 °/₀ d'alcool; la même position du maximnm se retrouve dans les courbes de compressibilité et de plusieurs autres propriétés dont il serait superflu de multiplier la liste.

En quoi donc réside la cause pour laquelle les maximums des courbes représentant les effets thermiques examinés s'écartent des maximums de toutes les autres propriétés de ces mélanges ?

La réponse est très simple. Effectivement, lors de la dissolution d'un corps, l'effet thermique observé provient de deux causes : l'une est la chaleur dégagée due à la formation d'un hydrate; l'autre est la chaleur absorbée grâce à la contraction du liquide qui s'est produite; dans le cas des électrolytes, il y aura lieu de considérer une troisième cause, l'établissement de l'iodynamisme. (De Heen.)

Par conséquent, l'effet total observé étant décomposé en effets simples, ceux-ci devront montrer les régularités observées pour toutes les autres propriétés physiques.

Cette idée est pleinement confirmée. Si nous introduisons dans les valeurs des chaleurs de dissolution de l'alcool dans l'eau, des corrections sur la contraction du liquide qui s'est produite lors de la dissolution, nous trouvons, avec Kaiander (***),

---

(*) *Densités des solutions aqueuses*, p. 288.

(**) *Journ. de la Soc. phys. chim. de Russie*, 1908, p. 875.

(***) *Journ. de la Soc. phys. chim. de Russie*, 1885, p. 188.

les chiffres suivants, calculés d'après les données de Dupré et Page :

°/° D'ALCOOL.	10	20	30	40	50	60	80	100
Q expérimentale .	5800	9300	10200	9800	7900	6100	2800	1630
Q corrigée . . .	5496	7655	6336	4769	2760	1586	-148	-64

Nous voyons, à notre satisfaction, le maximum reculer et venir coïncider avec les maximums de toutes les autres propriétés physiques.

De ce fait, nous nous croyons en droit de conclure que nous avons prouvé, d'une manière plus tangible qu'il n'a été fait jusqu'à présent, l'existence d'une combinaison déterminée entre l'eau et l'alcool, et qu'ainsi se trouve résolue la première partie du problème en faveur de la théorie des hydrates.

En ce qui concerne l'additivité du phénomène de l'hydratation ionique, idée basée sur les observations relatives au phénomène de partage, nous possédons également certaines données thermochimiques qui nous la laissent fortement présumer dans le cas de l'action des électrolytes sur les solutions d'alcool, et nous sommes occupé à en faire l'étude, qui sera l'objet d'une autre publication.

Saint-Pétersbourg, août 1912.

CHIMIE. — **Dérivés halogénés et constante de réfraction,**

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

Les recherches dont la relation va suivre se rattachent directement à mon travail récent : *Nouvelles recherches sur la constante de réfraction* (*), et plus particulièrement à la seconde note, dans laquelle je me suis occupé des mélanges binaires dont un des constituants au moins est un dérivé halogéné. J'ai montré, par un examen critique de plusieurs de ces mélanges, que les variations qui se produisent dans leur densité et leur indice de réfraction ne sont pas exactement proportionnelles, en d'autres termes, que pour eux le rapport $\frac{C_v}{C_n} = A$ ne peut plus guère être appelé « constante de réfraction », puisqu'il varie avec la concentration.

La question m'a paru mériter un examen plus complet, et le schème que je me suis proposé est d'étudier les mélanges d'un dérivé mono-, di-, tri-halogéné, etc., successivement avec un alcool, un acide, une cétone, etc. L'examen détaillé qui va suivre montrera que mes vues précédentes sont confirmées dans leur ensemble, précisées et modifiées dans certains de leurs détails.

Ces expériences ont été faites dans le laboratoire du Dr F. Mollwo Perkin, à Sudbury (Harrow) ; les méthodes et appareils ont été indiqués brièvement dans ma note : *Le sulfure de carbone comme dissolvant dans la recherche de la constante de réfraction* (**).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, première note. pp. 55-80; deuxième note, pp. 252-282; troisième note, pp. 283-291.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, pp. 525-543.

DÉRIVÉS HALOGÉNÉS + ALCOOLS.

Dans cette catégorie de mélanges, il s'agissait surtout de compléter l'étude des solutions de chloroforme dans l'alcool, qui promettaient d'être intéressantes.

Alcool éthylique + chloroforme.

J'ai fait allusion précédemment à ce système binaire (*), bien que je ne possédasse à ce moment que des données sur la densité.

Tout d'abord, j'ai pu confirmer à ce sujet les mesures de Drecker qui révélaient une variation assez curieuse de C_v avec la concentration, dont la valeur est positive à certains titres et négative à d'autres. L'alcool employé avait pour densité : 0,79693 à 11°3, 0,78884 à 21°0 et 0,78152 à 29°3; le chloroforme : 1,50584 à 11°2, 1,49090 à 19°3 et 1,46987 à 30°65.

Les solutions m'ont donné la table suivante :

I. — *19,522* °/₀ $CHCl_3$ + *80,478* °/₀ C_2H_5OH.

$t°$.	$d\ t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
11°7	0,87860	0,87729	0,99851	0,149
22°0	0,86882	0,86751	0,99849	0,151
30°6	0,86055	0,85897	0,99816	0,184

II. — *27,161* °/₀ $CHCl_3$ + *72,839* °/₀ C_2H_5OH.

11°3	0,91587	0,91376	0,99770	0,230
19°7	0,90777	0,90553	0,99753	0,247
29°8	0,89725	0,89505	0,99755	0,245

(*) *Loc. cit.*, p. 261.

III. — *34,824* $^0/_0$ $CHCl_3$ + *65,176* $^0/_0$ C_2H_5OH.

10°75	0,95644	0,95374	0,99718	0,282
18°7	0,94825	0,94556	0,99716	0,284
30°3	0,93548	0,93293	0,99727	0,273

IV. — *49,079* $^0/_0$ $CHCl_3$ + *50,921* $^0/_0$ C_2H_5OH.

10°2	1,04136	1,03783	0,99661	0,339
21°9	1,02775	1,02412	0,99647	0,353
32°0	1,01505	1,01184	0,99683	0,317

V. — *60,901* $^0/_0$ $CHCl_3$ + *39,099* $^0/_0$ C_2H_5OH.

14°5	1,11711	1,11312	0,99643	0,357
23°1	1,10569	1,10206	0,99672	0 328
30°5	1,09548	1,09234	0 99713	0,287

VI. — *78,429* $^0/_0$ $CHCl_3$ + *21,571* $^0/_0$ C_2H_5OH.

10°9	1,26612	1,26390	0.99825	0,175
19°45	1,25308	1,25135	0,99862	0,138
29°7	1,23663	1,23541	0.99901	0,099

VII. — *87,414* $^0/_0$ $CHCl_3$ + *12,586* $^0/_0$ C_2H_5OH.

10°95	1,35474	1,35460	0,99990	0,010
21°7	1,33693	1,33720	1,00020	-0,020
30°7	1,32113	1,32188	1,00057	-0,057

Si l'on compare ces résultats avec les valeurs C_v que j'ai calculées précédemment d'après les expériences de Drecker, on voit qu'il y a seulement une différence quantitative en ce sens que l'endroit où la courbe coupe l'axe des abscisses est reculé vers le chloroforme pur, ce qui donne une valeur quantitative plus faible à la partie négative de C_v ; la raison en est vraisemblablement que l'alcool employé par Drecker était moins pur que le mien, ce qui paraît ressortir de ce que à 19°46 sa densité est

0,79470, tandis que mon alcool a pour densité 0,78995 à la même température. Dans la zone de concentration où C_v est négatif, la diminution de C_v (ou l'augmentation de $-C_v$) avec l'élévation de la température est assez forte; mes expériences montrent que la courbe ne fait que frôler l'axe des abscisses, si l'on considère une température suffisamment basse. En élevant la température, on voit que la courbe coupe l'axe des abscisses (voir diagramme 1), puis l'allure devient exactement comparable aux observations de Drecker, sauf qu'il faut, d'après mes essais, atteindre une température supérieure pour arriver aux mêmes résultats quantitatifs.

Les trois solutions examinées par J. C. Philip (*) donnent des résultats concordant avec les miens; on trouve pour C_v aux concentrations indiquées:

°/o alcool.	C_v.
66,02	0,212
39,20	0,312
23,42	0,178

Mais, comme on le voit, ces expériences ne comprennent pas la partie dans laquelle C_v est négatif.

Il est également intéressant de rapporter les résultats de Findlay (**), qui, à l'occasion d'une étude de la viscosité, a déterminé la densité des mélanges chloroforme + alcool à une température toute voisine du point d'ébullition.

°/o $CHCl_3$.	°/o C_2H_5OH.	t°.	$d\ t^\circ/4^\circ$.	d_v.	$d : d_v$.	C_v.
100,0	0,0	60°2	1,4098	1,40980	1,00000	0,000
95,0	5,0	58°5	1,3511	1,35544	1,00321	-0,321
89.95	10,05	58°5	1,2966	1,30100	1,00339	-0,339
64,72	35,28	61°5	1,0769	1,07933	1,00226	-0,226
55,3	44,7	63°5	1,0119	1,01323	1,00131	-0,131
43,9	56,1	66°4	0,9423	0,94245	1,00016	-0,016
16,4	83,6	73°4	0,8045	0,80511	1,00071	-0,071
0,0	100,0	77°1	0,7397	0,73970	1,00000	0,000

(*) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 24 (1897), 28.

(**) *Zeitschr. für phys. Chemie*, 69 (1909), 211.

La méthode de détermination n'est pas indiquée par l'auteur; les valeurs renseignées me semblent être le résultat de quelque extrapolation et ne me paraissent pas avoir été faites exactement aux températures indiquées. On ne peut, du reste, espérer une exactitude aussi grande qu'à température ordinaire (on notera que la température est différente pour chaque mélange); j'ai même dû éliminer deux solutions (à 75,98 °/₀ et à 36,2 °/₀ $CHCl_3$) pour lesquelles il y a erreur manifeste. Néanmoins, on jugera par le diagramme 1 (courbe VI) que les points restants peuvent être joints par une courbe régulière. Son allure générale montre une différence quantitative très nette avec les expériences précédentes à température plus basse; mais on notera que c'est bien à une courbe de ce genre que l'on devait s'attendre, si l'on poursuit dans le même sens les variations de C_v que j'ai observées entre 10° et 30°.

En ce qui concerne l'indice de réfraction, j'avais émis l'hypothèse (*loc. cit.*, p. 262) que la courbe C_n devait être régulière, négative sur tout son parcours et assez éloignée de l'axe des abscisses. C'est exactement ce qui s'est vérifié, comme on peut s'en assurer par les données contenues dans les tables qui vont suivre. Je les fais précéder des valeurs obtenues pour les corps purs; les symboles ont la même signification que précédemment.

	t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
	—	—	—	—	—
C_2H_5OH	10°8	1,36329	1,36501	1,36939	1,37295
	18°7	1,36015	1,36185	1,36619	1,36966
	47°5	1,34820	1,34984	1,35404	1,35748
	59°9	1,34296	1,34460	1,34876	1,35217
$CHCl_3$	10°1	1,44951	1,45206	1,45839	1,46347
	25°2	1,44038	1,44290	1,44914	1,45429
	43°5	1,42928	1,43176	1,43789	1,44286
	61°8	1,41811	1,42051	1,42648	1,43139

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
		$t = 8°75$		
r	1,37445	1,38009	1,00410	-0,410
D	1,37626	1,38196	1,00414	-0,414
b	1,38088	1,38671	1,00422	-0,422
v	1,38452	1,39045	1,00428	-0,428
		$t = 24°9$		
r	1,36771	1,37310	1,00394	-0,394
D	1,36944	1,37491	1,00399	-0,399
b	1,37392	1,37957	1,00411	-0,411
v	1,37753	1,38330	1,00417	-0 417
		$t = 30°2$		
r	1,36536	1,37063	1,00386	-0,386
D	1,36711	1,37246	1,00391	-0,391
b	1,37160	1,37707	1,00399	-0,399
v	1,37520	1,38080	1,00407	-0,407
		$t = 40°7$		
r	1,36096	1,36608	1,00376	-0,376
D	1,36249	1,36771	1,00383	-0,383
b	1.36693	1,37227	1,00391	-0,391
v	1,37055	1,37601	1,00397	-0,397

Solution II.

		$t = 10°05$		
r	1,37850	1,38587	1,00535	-0,535
D	1,38036	1,38783	1,00541	-0,541
b	1,38504	1,39272	1,00555	-0,555
v	1,38888	1,39674	1,00566	-0.566

$t = 25°0$

r	1,37191	1,37917	1,00529	-0,529
D	1,37367	1,38104	1,00536	-0,536
b	1,37836	1,38584	1,00542	-0,542
v	1,38204	1,38966	1,00551	-0,551

$t = 33°0$

r	1,36849	1,37540	1,00505	-0,505
D	1,37028	1,37728	1,00511	-0,511
b	1,37484	1,38203	1,00523	-0,523
v	1,37850	1,38587	1,00535	-0,535

$t = 43°6$

r	1,36396	1,37050	1,00480	-0,480
D	1,36573	1,37237	1,00486	-0,486
b	1,37019	1,37705	1,00501	-0,501
v	1,37384	1,38087	1,00512	-0,512

Solution III.

$t = 6°2$

r	1,38509	1,39408	1,00650	-0,650
D	1,38714	1,39610	1,00662	-0,662
b	1,39160	1,40113	1,00685	-0,685
v	1,39547	1,40516	1,00694	-0,694

$t = 17°3$

r	1,38021	1,38895	1,00633	-0,633
D	1,38211	1,39094	1,00639	-0,639
b	1,38693	1,39593	1,00649	-0,649
v	1,39075	1,39989	1,00657	-0,657

$t = 36°6$

r	1,37145	1,37979	1,00608	-0,608
D	1,37331	1,38173	1,00613	-0,613
b	1,37805	1,38658	1,00619	-0,619
v	1,38189	1,39053	1,00625	-0,625

Solution IV.

t = 11°0

r	1,39343	1,40395	1,00754	-0,754
D	1,39537	1,40605	1,00765	-0,765
b	1,40053	1,41139	1,00775	-0,775
v	1,40463	1,41561	1,00782	-0,782

t = 22°4

r	1,38813	1,39847	1,00745	-0,745
D	1,39002	1,40044	1,00749	-0,749
b	1,39517	1,40572	1,00756	-0,756
v	1,39922	1,40988	1,00761	-0,761

t = 35°8

r	1,38163	1,39158	1,00720	-0,720
D	1,38351	1,39368	1,00732	-0,732
b	1,38850	1,39878	1,00740	-0,740
v	1,39346	1,40294	1,00753	-0,753

t = 50°0

r	1,37452	1,38441	1,00719	-0,719
D	1,37642	1,38640	1,00725	-0,725
b	1,38144	1,39150	1,00736	-0,736
v	1,38535	1,39563	1,00742	-0,742

Solution V.

t = 10°5

r	1,40327	1,41425	1,00782	-0,782
D	1,40539	1,41661	1,00798	-0,798
b	1,41071	1,42217	1 00812	-0,812
v	1,41491	1,42655	1,00823	-0,823

t = 24°2

r	1,39642	1,40730	1,00779	-0,779
D	1,39849	1,40948	1,00786	-0,786
b	1,40369	1,41499	1,00805	-0,805
v	1,40778	1,41932	1,00820	-0,820

$t = 31°3$

r	1,39283	1,40359	1,00773	-0,773
D	1,39486	1,40574	1,00780	-0,780
b	1,39996	1,41111	1,00797	-0,797
v	1,40406	1,41545	1,00811	-0,811

$t = 45°6$

r	1,38519	1,39591	1,00774	-0,774
D	1,38729	1,39815	1,00783	-0,783
b	1,39246	1,40347	1,00791	-0,791
v	1,39660	1,40779	1,00802	-0,802

Solution VI.

$t = 7°3$

r	1,42200	1,43156	1,00665	-0,665
D	1,42431	1,43392	1 00674	-0,674
b	1,42999	1,43988	1,00693	-0,693
v	1,43445	1,44454	1,00702	-0,702

$t = 17°4$

r	1,41651	1,42599	1,00671	-0,671
D	1,41877	1,42835	1,00675	-0,675
b	1,42455	1,43427	1,00682	-0,682
v	1,42896	1,43889	1,00695	-0 695

$t = 36°5$

r	1,40586	1,41527	1,00669	-0,669
D	1,40795	1,41761	1,00672	-0,672
b	1,41374	1,42333	1,00678	-0,678
v	1,41813	1,42794	1,00692	-0,692

Solution VII.

$t = 11°8$

r	1,43026	1,43709	1,00477	-0,477
D	1,43251	1,43951	1,00489	-0,489
b	1,43835	1,44582	1,00519	-0,519
v	1,44261	1,45043	1,00542	-0,542

$t = 24^\circ 0$

r	1.42329	1,43012	1,00480	-0,480
D	1,42556	1,43250	1,00487	-0,487
b	1,43141	1.43856	1,00500	-0,500
v	1,43595	1,44333	1,00515	-0,515

$t = 37^\circ 5$

r	1.41523	1,42223	1,00495	-0,495
D	1,41754	1,42464	1,00502	-0,502
b	1,42322	1,43053	1,00514	-0,514
v	1,42753	1,43501	1,00524	-0,524

$t = 48^\circ 6$

r	1,40854	1,41581	1,00516	-0,516
D	1,41081	1,41814	1,00520	-0,520
b	1.41641	1,42397	1,00534	-0,534
v	1,42102	1,42871	1,00542	-0,542

Les prévisions ont donc été réalisées en tous points : l'indice de réfraction de *tous* les mélanges a subi une dilatation assez grande et la courbe des C_n suivant la concentration est, pour une température donnée, absolument régulière et ne suit nullement les incurvations caractéristiques des courbes C_v. Il ne peut être d'aucun intérêt de calculer A, vu que les variations de d et de n ne se correspondent nullement : les courbes (voir diagr. 1) reproduisant les données numériques fournissent une idée beaucoup plus exacte du phénomène. La confirmation que l'étude de ce système apporte à mes vues théoriques précédemment exposées, au sujet des mélanges dont un constituant est un dérivé halogéné, montre que j'étais bien en droit d'attribuer à la présence du ou des halogènes les anomalies observées.

Il y aurait lieu de poursuivre dans cette voie l'examen de l'alcool avec des substances encore plus chargées de halogène ; en fait de corps tétrahalogéné, le CCl_4 paraît tout indiqué. Cette étude reste encore à faire.

DÉRIVÉS HALOGÉNÉS + CÉTONES.

1. — *Bromure d'éthyle + acétone.*

Comme exemple de composé monohalogéné, je me suis servi du bromure d'éthyle, à cause du point d'ébullition trop bas du composé chloré correspondant. Sa densité est : 1,45543 à 20°9 et 1,44561 à 25°65; celle de l'acétone : 0,79910 à 13°45, 0,79279 à 19°25 et 0,78499 à 26°0.

Pour la densité, les trois solutions soumises à l'examen m'ont donné les résultats suivants :

I. — *33,110 °/₀ bromure d'éthyle + 66,890 °/₀ acétone.*

t°.	$d\,t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
18°3	0,93226	0,93554	1,00352	-0,352
28°7	0,91795	0,92136	1,00371	-0,371

II. — *50,812 °/₀ bromure d'éthyle + 49,188 °/₀ acétone.*

t°.	$d\,t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
19°2	1,02784	1,03235	1,00439	-0,439
28°0	1,01465	1,01926	1,00454	-0,454

III. — *67,809 °/₀ bromure d'éthyle + 32,191 °/₀ acétone.*

t°.	$d\,t°/4°$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
14°9	1,14969	1,15512	1,00472	-0,472
29°85	1,12518	1,13077	1,00497	-0,497

Comme on le voit, la dilatation est assez notable (atteignant près de $^1/_2$ °/₀) et elle subit encore une faible augmentation lorsqu'on élève la température jusqu'au voisinage de 30°.

Voici maintenant les résultats relatifs à l'indice de réfraction :

Bromure d'éthyle.

t°.	r.	D.	b.	v.
16°0	1,42286	1,42577	1,43228	1,43789
32°1	1,41267	1,41556	1,42194	1,42758

Acétone.

9°6	1,36238	1,36436	1,36914	1,37310
20°4	1,35679	1,35874	1,36345	1,36737
37°4	1,34769	1,34962	1,35427	1,35812
45°8	1,34307	1,34496	1,34953	1,35336

Les solutions donnent :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
		$t = 16°9$		$C_v = -0,349$	
r	1,37078	1,37905	1,00600	-0,600	*0,582*
D	1,37269	1,38102	1,00607	-0,607	*0,575*
b	1,37779	1,38631	1,00618	-0,618	*0,565*
v	1,38186	1,39078	1,00639	-0,639	*0,546*
		$t = 28°7$		$C_v = -0,371$	
r	1,36398	1,37214	1,00598	-0,598	*0,620*
D	1,36610	1,37437	1,00605	-0,605	*0,615*
b	1,37100	1,37952	1,00614	-0,614	*0,604*
v	1,37526	1,38399	1,00635	-0,635	*0,585*

Solution II.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
		$t = 16°3$	$C_v = -0,434$		
r	1,37963	1,39016	1,00763	-0,763	*0,569*
D	1,38202	1,39272	1,00774	-0,774	*0,561*
b	1,38734	1,39831	1,00791	-0,791	*0,549*
v	1,39163	1,40308	1,00808	-0,808	*0,540*
		$t = 28°3$	$C_v = -0,454$		
r	1,37283	1,38362	1,00786	-0,786	*0,579*
D	1,37507	1,38600	1,00795	-0,795	*0,571*
b	1,38026	1,39148	1,00813	-0,813	*0,558*
v	1,38473	1,39624	1.00831	-0,831	*0,546*

Solution III.

		$t = 16°8$	$C_v = -0,475$		
r	1,39038	1,40107	1,00769	-0,769	*0,618*
D	1,39290	1,40365	1,00772	-0,772	*0,615*
b	1,39849	1,40944	1,00783	-0,783	*0,607*
v	1,40322	1,41459	1,00810	-0,810	*0,586*
		$t = 24°7$	$C_v = -0,490$		
r	1,38572	1,39649	1,00777	-0,777	*0,631*
D	1,38845	1,39936	1,00786	-0,786	*0,624*
b	1,39383	1,40487	1,00793	-0,793	*0,618*
v	1,39850	1.40978	1,00801	-0,801	*0,612*

Les mélanges de bromure d'éthyle et d'acétone se font également avec une dilatation de l'indice de réfraction plus grande même que celle de la densité. Le coefficient de température correspond, comme pour la densité, à une faible augmentation de — C_n, sauf dans le cas de la solution I, pour laquelle cette valeur paraît stationnaire.

Le calcul de A nous montre que, selon l'habitude, sa valeur diminue — pour une solution déterminée — plus on avance vers le violet du spectre, et augmente pour une même longueur d'onde avec la température. Ce qui est plus intéressant, c'est de constater que, pour les mêmes conditions de température et de longueur d'onde, les trois solutions étudiées possèdent une valeur de A que l'on peut considérer comme identique, eu égard aux erreurs d'expérience. La variation de A avec la concentration que j'avais observée pour le système iodure d'éthyle + acétate d'éthyle (*) n'existe pas dans ce cas, ou bien, si elle existe, elle est trop faible pour pouvoir être mise en évidence avec certitude. La conclusion en est, ou bien que l'acétone donne dans ses mélanges avec le bromure d'éthyle une constante de réfraction parfaitement invariable, ou bien que l'influence d'un seul atome de Br est trop faible pour avoir une action déformante sur la valeur de A.

2. — *Chlorure d'éthène + acétone.*

Le chlorure d'éthène, que j'ai choisi comme exemple d'un dérivé bihalogéné, avait pour densité : 1,25759 à 17°2, 1,24792 à 23°8 et 1,23841 à 30°1. Quant à la densité de ses mélanges avec l'acétone, elle est :

I. — *26,844 °/₀ chlorure d'éthène + 73,156 °/₀ acétone.*

t°.	*d t°/4°.*	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
11°9	0,88827	0,88793	0,99962	0,038
23°3	0,87478	0,87435	0,99951	0,049
30°8	0,86538	0,86473	0,99925	0,075

II. — *51,575 °/₀ chlorure d'éthène + 48,425 °/₀ acétone.*

t°.	*d t°/4°.*	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
11°2	0,98873	0,98836	0,99962	0,038
21°4	0,97597	0,97544	0,99946	0,054
30°9	0,96356	0,96266	0,99906	0,094

(*) *Loc. cit.*, p. 254.

III. — *72,414 °/₀ chlorure d'éthène + 27,586 °/₀ acétone.*

10°3	1,09289	1,09273	0,99985	0,015
20°1	1,07983	1,07940	0,99964	0,036
30°9	1,06497	1,06427	0,99925	0,075

IV. — *86,874 °/₀ chlorure d'éthène + 13,126 °/₀ acétone.*

12°5	1,17482	1,17476	0,99995	0,005
22°6	1,16078	1,16058	0,99983	0,017
30°7	1,14918	1,14877	0,99964	0,036

Alors que dans le système précédent les trois mélanges avaient lieu avec dilatation, les solutions d'acétone dans le chlorure d'éthène ont lieu avec contraction; celle-ci est très faible, négligeable presque, la courbe côtoyant l'axe des abscisses. Précédemment déjà, j'ai montré que dans les mélanges avec l'alcool l'addition d'un second atome de halogène (*) diminue la dilatation de la densité. Toutefois, dans le système bromure d'éthène + alcool n-propylique, auquel je fais allusion, il subsiste encore une dilatation, très faible, il est vrai. Mais la différence quantitative comparativement aux mélanges de chlorure d'éthène avec l'acétone qui nous occupent est très légère; on ne peut du reste songer à tirer un parallèle au point de vue absolu, puisqu'on a affaire à un composé bibromé dans un cas, bichloré dans l'autre, et que la valeur comparative des différents halogènes n'est pas encore bien définie au point de vue qui nous occupe.

L'examen des tables nous montre que C_v augmente avec la température entre 10° et 30°.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 258.

Passons aux expériences concernant l'indice de réfraction :

	t^o.	r.	D.	b.	v.
$C_2H_4Cl_2$	9°7	1,44781	1,45031	1,45640	1,46117
	25°4	1,43931	1,44178	1,44781	1,45248
	43°0	1,42964	1,43210	1,43788	1,44242
	62°5	1,41887	1,42124	1,42680	1,43113

Les solutions donnent :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
		$t = 9°8$		
r	1,37853	1,38433	1,00421	-0,421
D	1,38058	1,38645	1,00425	-0,425
b	1,38556	1,39156	1,00433	-0,433
v	1,38939	1,39558	1,00445	-0,445
		$t = 23°8$		
r	1,37094	1,37686	1,00432	-0,432
D	1,37294	1,37891	1,00435	-0,435
b	1,37784	1,38393	1,00442	-0,442
v	1,38182	1,38804	1,00450	-0,450
		$t = 39°4$		
r	1,36246	1,36840	1,00436	-0,436
D	1,36446	1,37046	1,00440	-0,440
b	1,36913	1,37528	1,00449	-0,449
v	1,37306	1,37935	1,00458	-0,458
		$t = 53°3$		
r	1,35481	1,36075	1,00438	-0,438
D	1,35674	1,36275	1,00443	-0,443
b	1,36141	1,36750	1,00448	-0,448
v	1,36527	1,37148	1,00455	-0,455

Solution II.

t = 7°85

r	1,39725	1,40603	1,00628	-0,628
D	1,39938	1,40827	1,00635	-0,635
b	1,40467	1,41371	1,00644	-0,644
v	1,40886	1,41806	1,00653	-0,653

t = 20°3

r	1,39074	1,39950	1,00630	-0,630
D	1,39283	1,40174	1,00640	-0,640
b	1,39809	1,40712	1,00646	-0,646
v	1,40224	1,41139	1,00653	-0,653

t = 35°0

r	1,38314	1,39156	1,00609	-0,609
D	1,38525	1,39373	1,00612	-0,612
b	1,39022	1,39889	1,00625	-0,625
v	1,39413	1,40301	1,00637	-0,637

t = 49°2

r	1,37542	1,38374	1,00605	-0,605
D	1,37750	1,38589	1,00609	-0,609
b	1,38236	1,39096	1,00622	-0 622
v	1,38640	1,39511	1,00628	-0,628

Solution III.

t = 9°8

r	1,41549	1,42322	1,00546	-0,546
D	1,41774	1,42552	1,00549	-0 549
b	1,42332	1,43121	1,00554	-0,554
v	1,42769	1,43573	1,00563	-0,563

$t = 25\ 9$

r	1,40669	1,41449	1,00554	-0,554
D	1,40894	1,41679	1,00557	-0,557
b	1,41430	1,42241	1,00562	-0,562
v	1,41880	1,42689	1.00570	-0.570

$t = 53^\circ 2$

r	1.39194	1,39950	1,00543	-0,543
D	1,39413	1,40176	1,00547	-0,547
b	1.39933	1,40705	1,00554	-0,554
v	1,40346	1,41133	1.00561	-0,561

Solution IV.

$t = 12^\circ 1$

r	1,42964	1,43468	1 00352	-0,352
D	1,43198	1,43710	1,00358	-0,358
b	1,43774	1,44300	1,00366	-0 366
v	1,44227	1,44766	1,00374	-0,374

$t = 23^\circ 3$

r	1,42373	1,42865	1,00346	-0,346
D	1,42592	1,43090	1,00349	-0,349
b	1 43177	1,43688	1,00357	-0,357
v	1,43613	1,44146	1,00371	-0,371

$t = 45^\circ 2$

r	1,41174	1,41665	1,00348	-0 348
D	1,41407	1,41902	1,00350	-0,350
b	1,41954	1,42458	1,00355	-0,355
v	1,42379	1,42903	1.00368	-0,368

Comparativement aux mélanges d'acétone et de bromure d'éthyle, il n'y a guère de différence : tout au plus les valeurs de $- C_n$ sont-elles légèrement plus faibles. Ici également se confirme la constatation précédente tendant à montrer que le remplacement, dans l'un des corps en mélange, de l'hydrogène par des atomes de halogène affecte peu l'indice de réfraction, mais assez bien la densité. Le calcul de la constante de réfraction n'aurait ici aucun sens, vu que la densité donne des variations, non seulement très faibles, mais de sens opposé. Il est impossible de dire si, abstraction faite de la question des signes, les courbes — C_n et C_v affectent une symétrie parfaite, ou bien si elles sont dissymétriques l'une par rapport à l'autre, comme dans le cas du système bromure d'éthène + alcool propylique. Il faut donc être très réservé quant aux conclusions à tirer à ce sujet.

Les expériences montrent que le coefficient de température est faible; quant à l'influence de la longueur d'onde, je n'en parlerai plus : il y a, comme toujours, augmentation de — C_n vers le violet du spectre.

3. — *Chloroforme + acétone.*

Dans mon travail précédent à ce sujet, cité à plusieurs reprises, j'avais déjà parlé de ce système (p. 279), mais en indiquant seulement la courbe schématique qui répondait aux conclusions que j'avais dégagées du travail de Hubbard. Certaines raisons que j'indiquais à ce propos m'avaient obligé à faire des réserves, mais je ne voulais pas mettre en doute l'exactitude, d'ordinaire très grande, des essais de Hubbard, sans avoir fait une vérification personnelle; celle-ci m'a confirmé en gros les nombres de Hubbard.

Voici d'abord le résultat de mes expériences en ce qui concerne la densité de ces mélanges. Celle des corps purs a été indiquée précédemment; j'ajouterai seulement que l'acétone provenait d'une autre préparation, plus pure encore, ayant une densité plus faible de 0,0004.

I. — *22,396* °/₀ *chloroforme* + *77,604* °/₀ *acétone.*

t°.	*d t*°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
11°7	0,89393	0,89431	1,00042	-0,042
20°5	0 88351	0,88373	1,00025	-0,025
30°0	0,87181	0,87196	1,00017	-0,017

II. — *41,577* °/₀ *chloroforme* + *58,423* °/₀ *acétone.*

11°85	0,99346	0,99379	1,00033	-0,033
23°0	0,97933	0,97938	1,00005	-0,005
30°1	0,96852	0,96843	0,99989	+0,011

III. — *56,889* °/₀ *chloroforme* + *43,111* °/₀ *acétone.*

12°0	1,09070	1,09065	0,99995	0,005
22°4	1,07611	1,07564	0,99956	0,044
31°6	1,06194	1,06269	0,99929	0,071

IV. — *84,064* °/₀ *chloroforme* + *15,936* °/₀ *acétone.*

11°8	1,32149	1,31968	0,99864	0,136
21°5	1,30576	1,30345	0,99822	0,178
31°1	1,28932	1,28641	0,99774	0,226

V. — *93,901* °/₀ *chloroforme* + *6,099* °/₀ *acétone.*

12°2	1,42861	1,42741	0,99916	0,084
21°25	1,41283	1.41125	0,99888	0,112
33°4	1,39038	1,38835	0,99854	0,146

La courbe C_v en fonction de la concentration reproduit plus ou moins l'image dans un miroir de celle que j'ai obtenue pour le système alcool éthylique + chloroforme : on a une valeur *positive* de C_v pour les solutions *riches* en chloroforme, et une valeur *négative* pour les solutions *pauvres* en chloroforme. C'est cette allure particulière qui ressortait déjà des expériences de Hubbard, mais avec la différence quantitative que la partie négative de la courbe était très peu prononcée, ce qui avait précisément motivé mes réserves. Voici du reste le détail des expériences de Hubbard ; la première série, faite à la température de 25°, est renseignée *in extenso;* pour la seconde, faite à 33°77, je donne seulement les valeurs de C_v.

°/o acét.	°/o $CHCl_3$.	d 25°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.	C_v 35°77
100,000	0.000	0,78492	0,78492	1,00000	0,000	—
83.336	16,664	0,85147	0,85157	1.00012	-0,012	-0,011
66,961	33,039	0 92905	0,92908	1,00003	-0,003	0,018
54,168	45,832	1,00050	1,00020	0,99970	0,030	0,059
43,702	56,298	1,06789	1,06714	0,99939	0,061	0,116
35,493	64,507	1,12762	1,12604	0,99859	0.141	0.179
27,724	72,276	1,19082	1,18825	0,99784	0,216	0,258
20,116	79,884	1,25927	1 25617	0,99754	0,246	0,286
11 591	88,409	1,34501	1.34204	0,99779	0,221	0,233
5,708	94,292	1,41065	1,40872	0,99865	0,135	0,152
0,000	100,000	1,47992	1,47992	1,00000	0,000	—

Le diagramme 2, sur lequel ces résultats sont consignés, indique clairement la marche du phénomène : dans les essais de Hubbard, on observe, comme dans les miens, une augmentation de C_v avec l'élévation de température. Quant aux différences quantitatives, elles sont dues, à n'en pas douter, à des différences dans la pureté des produits employés.

Pour être complet, je citerai également les essais de Findlay (*), qui a examiné la densité des mélanges acétone + chloroforme à une température voisine de leur point d'ébullition.

(*) *Zeitschr. für phys. Chemie,* 69 (1909), 208.

°/₀ chlor.	°/₀ acét.	t°.	d t°/4°.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
100,0	0,0	60°2	1.4107	1 41070	1,00000	0,000
93,21	6.79	62°0	1,3290	1,32618	0,99788	0,212
87,8	12,2	62°8	1,2710	1.26746	0,99721	0,279
72,6	27,4	63°0	1,1315	1,12894	0,99774	0,226
63,9	36,1	62°1	1,0667	1,06394	0,99741	0,259
46,5	53.5	60°0	0,9565	0,95505	0,99848	0,152
31,3	68,7	58°2	0 8786	0,87712	0,99832	0,168
19,6	80,4	57°1	0,8261	0,82542	0 99918	0,082
0,0	100,0	55°4	0.7514	0 75140	1,00000	0,000

Comme on le voit d'après cette table et par le diagramme, il n'est pas fort commode de joindre ces données par une courbe régulière : plusieurs points sont assez divergents. Il est bon d'ajouter que les expériences ne se rapportent pas toutes à la même température et qu'une étude faite dans une zone aussi rapprochée du point d'ébullition ne peut atteindre une très grande exactitude. Cela étant, il ressort de ces essais que l'augmentation de C_v avec la température se poursuit jusqu'au point d'ébullition et particulièrement dans la zone des mélanges pauvres en chloroforme, pour lesquels toute portion négative a disparu (*).

Les expériences sur l'indice de réfraction et la valeur C_n qui s'en calcule sont consignées dans les tables suivantes :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
		$t = 10°6$		
r	1,37325	1,38047	1.00526	-0,526
D	1,37533	1.38259	1,00528	-0,528
b	1,38032	1,38769	1,00534	-0,534
v	1,38449	1,39208	1,00548	-0,548

(*) Les essais tout récents de Faust (*Zeitschr. für phys. Chemie,* 79 (1912), 103) entre - 10° et 50° manquent totalement d'exactitude.

t = 24°4

r	1,36608	1,37306	1,00511	-0,511
D	1,36803	1,37512	1,00518	-0,518
b	1,37294	1,38015	1,00525	-0,525
v	1,37794	1,38427	1,00532	-0,532

t = 36°0

r	1,35976	1,36670	1.00510	-0,510
D	1,36171	1,36874	1,00516	-0 516
b	1,36637	1,37351	1,00522	-0,522
v	1,37036	1,37760	1,00528	-0,528

t = 50°0

r	1,35187	1,35866	1,00502	-0,502
D	1,35393	1,36079	1,00507	-0,507
b	1,35854	1,36554	1,00515	-0,515
v	1,36260	1,36969	1,00520	-0,520

Solution II.

t = 11°7

r	1,38509	1,39622	1,00804	-0.804
D	1,38724	1,39844	1,00807	-0,807
b	1,39246	1,40384	1,00817	-0,817
v	1,39694	1,40855	1,00831	-0,831

t = 28°0

r	1,37636	1,38714	1,00783	-0,783
D	1,37847	1,38933	1,00788	-0,788
b	1,38357	1,39456	1,00794	-0,794
v	1,38780	1,39889	1,00799	-0.799

t = 36°2

r	1,37185	1,38245	1,00775	-0,775
D	1,37399	1,38475	1,00783	-0,783
b	1,37900	1,38989	1.00790	-0,790
v	1,38314	1,39414	1,00795	-0,795

Solution III.

$t = 10°2$

r	1,39814	1,41033	1,00872	-0,872
D	1,40037	1,41269	1,00880	-0,880
b	1,40584	1,41838	1,00892	-0,892
v	1,41040	1,42334	1,00917	-0,917

$t = 21°0$

r	1,39231	1,40434	1,00865	-0,865
D	1,39460	1,40657	1,00858	-0,858
b	1,40007	1,41219	1,00866	-0,866
v	1,40483	1,41712	1,00875	-0 875

$t = 36°5$

r	1,38394	1,39544	1,00831	-0,831
D	1,38609	1,39748	1,00836	-0,836
b	1,39120	1,40307	1,00853	-0,853
v	1,39512	1,40752	1,00860	-0,860

Solution IV.

$t = 12°4$

r	1,42597	1,43344	1 00524	-0,524
D	1,42835	1,43592	1,00530	-0,530
b	1,43435	1,44204	1,00536	-0,536
v	1,43971	1,44760	1,00549	-0,549

$t = 20°0$

r	1,42182	1,42900	1,00505	-0 505
D	1,42388	1,43111	1,00508	-0,508
b	1,43015	1,43748	1,00513	-0,513
v	1 43468	1,44210	1,00517	-0,517

$t = 36°3$

r	1,41225	1,41933	1,00501	-0,501
D	1,41456	1,42171	1,00505	-0,505
b	1,42036	1,42759	1,00509	-0,509
v	1,42505	1,43240	1,00513	-0 513

$t = 44^{\circ}3$

r	1,40753	1,41455	1,00499	−0,499
D	1,40993	1,41699	1,00502	−0,502
b	1,41559	1,42275	1,00504	−0,504
v	1,42031	1,42751	1,00507	−0,507

Solution V.

$t = 12^{\circ}2$

r	1,43915	1,44254	1,00235	−0,235
D	1,44168	1,44504	1,00233	−0,233
b	1,44793	1,45138	1,00238	−0,238
v	1,45355	1,45711	1,00245	−0,245

$t = 19^{\circ}0$

r	1,43511	1,43850	1,00236	−0,236
D	1,43788	1,44128	1,00238	−0,238
b	1,44380	1,44729	1,00242	−0,242
v	1,44942	1,45303	1,00249	−0,249

$t = 31^{\circ}2$

r	1,42795	1,43121	1,00228	−0,228
D	1,43034	1,43367	1,00233	−0,233
b	1,43644	1,43976	1,00238	−0,238
v	1,44111	1,44463	1,00244	−0,244

A une même température, la courbe de la dilatation de l'indice en fonction de la température est très régulière et ne répond nullement à la courbe sinueuse observée pour la densité. L'élévation de la température a pour effet de diminuer légèrement la valeur de $—C_n$, surtout pour les solutions riches en acétone.

A titre de comparaison, je donnerai les résultats calculés en me basant sur les essais de Hubbard : il me suffira de transcrire ceux qui se rapportent à la raie D, pour faire ressortir suffisamment la concordance avec mes expériences (voir la courbe).

L'influence de la dispersion est du reste entièrement la même que suivant mes observations.

De même que dans des cas analogues, je me suis abstenu de calculer les valeurs de A ; celles-ci sont forcément très variables suivant la concentration, et la différence entre les courbes C_v et C_n enlève à A toute signification.

	n_D 25°.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.
	—	—	—	—
Acétone	1,35621	1,35621	1,00000	0,000
I	1,36454	1,36996	1,00397	-0,397
II	1,37417	1,38372	1,00695	-0,695
III	1,38332	1,39470	1,00823	-0,823
IV	1,39196	1,40378	1,00849	-0,849
V	1,39943	1,41099	1,00826	-0,826
VI	1,40757	1,41791	1,00735	-0,735
VII	1,41618	1,42472	1,00603	-0,603
VIII	1,42692	1,43244	1,00387	-0,387
IX	1,43487	1,43783	1,00206	-0,206
Chloroforme	1,44309	1,44309	1,00000	0,000

On ne peut guère pour l'instant songer à pénétrer plus avant dans la nature des changements intimes qui trouvent leur expression dans l'allure particulière de la courbe C_v et qui est nettement caractéristique pour les mélanges acétone-chloroforme. L'hypothèse d'une combinaison entre les constituants ne doit pas être écartée d'une façon absolue; mais, bien qu'elle ait été mise en avant par de nombreux auteurs à la base d'observations d'une autre nature, rien n'indique qu'elle s'impose pour l'explication du phénomène rapporté ici. La façon très régulière dont se comporte la réfraction (voir la courbe) semble même plutôt un argument contre tout changement profond d'ordre chimique; par contre, il semble certain que, en comparant cette régularité avec l'irrégularité présentée par la densité, on est obligé d'admettre que les changements produits affectent surtout le noyau des molécules en présence et de retomber par là dans l'hypothèse d'un noyau matériel à volume variable, conformément aux vues que j'ai développées dans la troisième note de mes *Nouvelles recherches sur la constante de réfraction.* Quant à décider si l'hypothèse d'une action chimique véritable, c'est-à-dire la formation d'un composé nouveau, répond mieux aux faits observés, c'est chose impossible dans l'état de nos connaissances : il faudrait savoir comment se comportent les systèmes binaires pour lesquels la production d'un composé chimique est hors de doute. Ce n'est que le manque de matériel approprié qui m'a jusqu'à présent empêché de faire cette étude, mais je compte bien combler cette lacune.

DÉRIVÉS HALOGÉNÉS + ACIDES GRAS.

1. — *Bromure de butyle + acide acétique.*

A cause de son point d'ébullition plus élevé que celui du bromure d'éthyle, le bromure de butyle (tertiaire) que j'ai employé convient encore mieux pour l'étude des mélanges binaires. La densité du produit pur est : 1,22678 à 10°8, 1,21142 à 20°5 et 1,19534 à 30°2. Pour l'acide acétique, voir précédemment (*).

Trois mélanges furent examinés et leur densité est rapportée dans la table suivante :

1. — *21,961 °/₀ bromure de butyle + 78,039 °/₀ acide acétique.*

t°.	$d\ t^\circ/4^\circ$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
14°4	1,08095	1,08754	1,00610	-0,610
23°5	1,07000	1,07655	1,00612	-0,612
30°3	1,06157	1,06811	1,00613	-0,613

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 528.

II. — *43,647 °/₀ bromure de butyle + 56,353 °/₀ acide acétique.*

14°4	1,11132	1,12163	1 00928	-0,928
21°7	1,10189	1,11214	1,00930	-0,930
31°0	1,08960	1,09969	1,00926	-0,926

III. — *68,691 °/₀ bromure de butyle + 31,909 °/₀ acide acétique.*

14°45	1,15152	1,16301	1,00998	-0,998
23°3	1,13901	1,15040	1,01000	-1,000
31°0	1,12783	1,13908	1,00998	-0,998

Il y a, comme on le voit, une dilatation assez forte de la densité (jusque 1 °/₀), et dont la valeur ne varie guère entre 10° et 30°.

Voici maintenant les expériences relatives à la réfraction :

Bromure de butyle.

t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
10°4	1,42954	1,43228	1,43921	1,44449
26°0	1,42056	1,42332	1,43015	1,43537
58°8	1,40110	1,40357	1,41019	1,41523

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	$t = 14°15$		$C_v = -0,610$		
r	1,37958	1,38376	1,00303	-0,303	*2,015*
D	1,38150	1,38573	1,00306	-0,306	*1,995*
b	1,38666	1,39096	1,00310	-0,310	*1,968*
v	1,39027	1,39465	1,00315	-0,315	*1,957*

t = 24°4 C_v = -0,612

r	1,37505	1,37923	1,00304	-0,304	*2,015*
D	1.37717	1,38139	1,00307	-0,307	*1,995*
b	1,38221	1,38652	1,00312	-0,312	*1,962*
v	1,38588	1,39026	1,00316	-0,316	*1,937*

t = 44°4 C_v = -0,614

r	1,36648	1,37050	1,00294	-0,294	*2,092*
D	1,36843	1,37251	1,00298	-0,298	*2,061*
b	1,37346	1,37766	1,00306	-0,306	*2,007*
v	1,37697	1 38127	1,00311	-0,311	*1,974*

Solution II.

t = 13°5 C_v = -0,928

r	1,38954	1,39581	1,00451	-0,451	*2,057*
D	1,39173	1,39809	1,00457	-0,457	*2,031*
b	1,39720	1,40377	1,00470	-0,470	*1,974*
v	1 40120	1,40790	1,00478	-0,478	*1,962*

t = 24°0 C_v = -0,929

r	1,38473	1,39093	1,00448	-0,448	*2,075*
D	1,38693	1,39322	1,00454	-0,454	*2,048*
b	1,39226	1,39873	1,00467	-0,467	*1,989*
v	1,39623	1.40284	1,00473	-0,473	*1,964*

t = 36°1 C_v = -0,924

r	1.37895	1,38517	1,00451	-0,451	*2,049*
D	1,38118	1,38744	1,00453	-0,453	*2,040*
b	1,38645	1,39297	1,00470	-0,470	*1,966*
v	1,39044	1.39704	1,00475	-0,475	*1,945*

Solution III.

$t = 13°25$ $C_v = -0,997$

r	1,40317	1,40962	1,00460	-0,460	*2,167*
D	1,40554	1,41211	1,00467	-0,467	*2,155*
b	1,41153	1,41830	1,00480	-0,480	*2,077*
v	1,41602	1,42290	1,00486	-0,486	*2,052*

$t = 40°7$ $C_v = -0,996$

r	1,38886	1,39532	1,00465	-0,465	*2,142*
D	1.39116	1,39768	1,00469	-0 469	*2,124*
b	1,39701	1,40376	1,00483	-0,483	*2,062*
v	1,40138	1.40825	1,00490	-0,490	*2,033*

Ici également le coefficient de température est pratiquement nul dans l'intervalle étudié. Les mélanges donnent lieu à une dilatation de l'indice environ deux fois moindre que la dilatation de la densité. Comme on le voit par le calcul de A, on obtient des valeurs sensiblement les mêmes aux trois concentrations; en tout cas, si le rapport n'est pas d'une constance absolue, on ne peut pas néanmoins se baser sur la légère augmentation de A pour dire que la constante de réfraction augmente avec la concentration en dérivé bromé; en effet, une différence aussi légère ne dépasse guère les erreurs possibles des expériences. On peut donc considérer que les mélanges de bromure de butyle et d'acide acétique donnent lieu à une constante de réfraction invariable avec la concentration.

2. — *Chlorure d'éthène + acide acétique.*

Comme dans les mélanges avec l'acétone, c'est le chlorure d'éthène qui a servi d'exemple d'un dérivé bihalogéné pour l'étude de ses mélanges avec l'acide acétique; la densité des produits purs a déjà été renseignée. J'ai obtenu pour celle des quatre solutions les valeurs suivantes :

I. — *26,593 $^{\circ}/_{\circ}$ chlorure d'éthène + 73,407 $^{\circ}/_{\circ}$ acide acétique.*

t°.	$d\ t^{\circ}/4^{\circ}$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
10°1	1,10223	1,10819	1,00541	-0,541
20°0	1.09026	1,09643	1,00566	-0,566
31°3	1,07690	1,08329	1,00593	-0,593

II. — *46,948 $^{\circ}/_{\circ}$ chlorure d'éthène + 53,052 $^{\circ}/_{\circ}$ acide acétique.*

11°4	1,13834	1,14729	1,00786	-0,786
20°95	1,12615	1,13532	1,00814	-0,814
30°3	1,11395	1,12327	1,00837	-0,837

III. — *69,568 $^{\circ}/_{\circ}$ chlorure d'éthène + 30,432 $^{\circ}/_{\circ}$ acide acétique.*

10°4	1,18804	1,19637	1,00701	-0,701
21°3	1,17327	1,18185	1,00731	-0,731
30°3	1,16102	1,16981	1,00757	-0,757

IV. — *88,390 $^{\circ}/_{\circ}$ chlorure d'éthène + 11,610 $^{\circ}/_{\circ}$ acide acétique.*

10°7	1,23438	1,23870	1,00366	-0,366
20°25	1,22088	1,22550	1,00378	-0,378
30°2	1,20640	1,21117	1,00395	-0,395

Par comparaison avec le système précédent, on voit que la présence d'un second atome de halogène a diminué très légèrement la dilatation de la densité, qui n'atteint plus que 0.8 $^{\circ}/_{\circ}$ environ à son maximum. Les acides se distinguent par là quantitativement des cétones et des alcools, qui, dans des conditions analogues, possèdent une densité voisine de la valeur théorique. L'augmentation de — C_v avec la température est ici très marquée, alors qu'elle était pratiquement nulle avec le bromure de butyle.

Les expériences de réfraction m'ont donné :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	$t = 9°0$		$C_v = -0{,}539$		
r	1,38808	1,39278	1,00388	-0,388	*1,594*
D	1,39018	1,39491	1,00340	-0,340	*1,586*
b	1,39517	1,40004	1,00348	-0,348	*1,548*
v	1,39376	1,40374	1,00356	-0,356	*1,514*
	$t = 21°2$		$C_v = -0{,}560$		
r	1,38284	1,38763	1,00346	-0,346	*1,619*
D	1,38488	1,38972	1,00348	-0,348	*1,609*
b	1,38985	1,39476	1,00354	-0,354	*1,582*
v	1,39340	1,39846	1,00363	-0,363	*1,543*
	$t = 41°8$		$C_v = -0{,}617$		
r	1,37389	1,37870	1,00350	-0,350	*1,763*
D	1,37589	1,38077	1,00355	-0,355	*1,738*
b	1,38063	1,38571	1,00368	-0,368	*1,667*
v	1,38399	1,38926	1,00381	-0,381	*1,619*
	$t = 56°0$		$C_v = -0{,}650$		
r	1,36754	1,37244	1,00358	-0,358	*1,816*
D	1,36952	1,37448	1,00362	-0,362	*1,796*
b	1,37420	1,37935	1,00376	-0,376	*1,729*
v	1,37748	1,38284	1,00388	-0,388	*1,676*

Solution II.

	$t = 9°7$		$C_v = -0{,}781$		
r	1,40089	1,40764	1,00482	-0,482	*1,620*
D	1,40307	1,40986	1,00484	-0,484	*1,614*
b	1,40834	1,41521	1,00488	-0,488	*1,600*
v	1,41227	1,41924	1,00493	-0,493	*1,584*

t = 20°2 C_v = -0,812

r	1,39622	1,40284	1,00474	-0,474	*1,713*
D	1,39835	1,40505	1,00477	-0,477	*1,702*
b	1,40348	1,41024	1,00482	-0,482	*1,685*
v	1,40741	1,41431	1,00490	-0,490	*1,658*

t = 37°2 C_v = -0,853

r	1,38813	1,39499	1,00494	-0,494	*1,727*
D	1,39022	1,39719	1,00501	-0,501	*1,703*
b	1,39518	1,40236	1,00515	-0,515	*1,656*
v	1,39901	1,40627	1,00519	0,519	*1,643*

t = 55°3 C_v = -0,894

r	1,37937	1,38652	1,00518	-0.518	*1,726*
D	1,38143	1,38860	1,00521	-0,521	*1,716*
b	1,38640	1,39375	1,00530	-0,530	*1,686*
v	1,38998	1,39743	1,00536	-0,536	*1,668*

Solution III.

t = 8°6 C_v = -0.695

r	1,41890	1,42503	1,00432	-0,432	*1,609*
D	1,42113	1,42737	1 00439	-0,439	*1,583*
b	1,42659	1,43303	1,00451	-0,451	*1,541*
v	1,42066	1,43719	1,00456	-0,456	*1,524*

t = 23°5 C_v = -0,740

r	1,41148	1,41770	1,00441	-0,441	*1,678*
D	1,41370	1,42003	1,00448	-0,448	*1,652*
b	1,41913	1,42564	1,00458	-0,458	*1,616*
v	1,42325	1,42986	1,00464	-0,464	*1,595*

t = 42°0 C_v = -0,791

r	1,40214	1,40849	1,00453	-0,453	*1,746*
D	1,40431	1,41079	1,00461	-0,461	*1,737*
b	1,40958	1,41611	1,00463	-0,463	*1,709*
v	1,41356	1,42015	1,00466	-0,466	*1,698*

$t = 50^\circ 1$ $C_v = -0{,}814$

r	1,39788	1,40416	1,00449	-0,449	*1,813*
D	1,40006	1,40643	1,00455	-0,455	*1,791*
b	1 40534	1,41180	1,00460	-0,460	*1,770*
v	1,40922	1,41577	1,00465	-0,465	*1,750*

Solution IV.

$t = 9^\circ 0$ $C_v = -0{,}364$

r	1,43592	1,43918	1,00227	-0,227	*1,604*
D	1,43825	1,44163	1,00235	-0,235	*1,549*
b	1,44406	1,44753	1,00242	-0,242	*1,504*
v	1,44855	1,45214	1,00248	-0,248	*1,468*

$t = 28^\circ 5$ $C_v = -0{,}391$

r	1,42577	1,42900	1,00227	-0,227	*1,722*
D	1,42811	1,43139	1,00230	-0,230	*1,700*
b	1.43380	1,43719	1,00237	-0,237	*1,650*
v	1,43816	1,44167	1,00244	-0,244	*1,600*

$t = 52^\circ 3$ $C_v = -0{,}432$

r	1,41295	1,41639	1,00243	-0,243	*1,778*
D	1,41534	1,41888	1,00250	-0,250	*1,728*
b	1,42087	1,42456	1,00260	-0,260	*1,662*
v	1,42488	1,42867	1,00266	-0,266	*1,624*

Les courbes exprimant la dilatation de C_n en fonction de la concentration sont symétriques aux courbes C_v et l'on obtient avec une grande régularité la valeur 1,6 comme constante de réfraction. On note une faible augmentation de $-C_n$ avec la température, mais elle ne compense guère la très large augmentation de $-C_v$, ce qui se marque par un accroissement rapide de A avec la température, dont la valeur dépasse 1,8 au delà de 50°. Il est pourtant bon de dire que des raisons pratiques m'ont obligé à arrêter les expériences de densité vers 30°; je me suis donc servi, pour le calcul de A aux températures supérieures, des valeurs de C_v extrapolées en supposant que le coefficient de température reste le même. Les valeurs de la constante de réfraction à haute température sont donc moins certaines qu'à température ordinaire. Quoi qu'il en soit, on ne peut nier que la grande constance de A jusqu'à 30° persiste encore très suffisamment jusqu'au delà de 55°. Il en ressort que, comme dans ses mélanges avec le bromure de butyle, l'acide acétique donne avec le chlorure d'éthène une valeur de A pratiquement invariable avec la concentration.

3. — *Chloroforme + acide acétique.*

Les quatre solutions examinées ont donné pour la densité les résultats suivants :

I. — *27,584 °/o chloroforme + 72,416 °/o acide acétique.*

t°.	$d\ t^{\circ}/4^{\circ}$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
14°5	1,14511	1,14964	1,00396	-0,396
22°3	1,13496	1,13976	1,00423	-0,423
32°0	1,12221	1,12715	1,00440	-0,440

II. — *50,944 °/o chloroforme + 49,056 °/o acide acétique.*

14°5	1,23599	1,24303	1,00570	-0,570
21°9	1,22515	1,23256	1,00605	-0,605
30°0	1,21275	1,22070	1,00655	-0,655

III. — *68,619 °/o chloroforme + 31,381 °/o acide acétique.*

14°7	1,31752	1,32412	1,00501	-0,501
23°1	1,30404	1,31094	1,00529	-0,529
30°3	1,29206	1,29938	1,00566	-0,566

IV. — *80,763 °/o chloroforme + 19,237 °/o acide acétique.*

11°7	1,38688	1,39233	1,00393	-0,393
20°0	1,37281	1,37845	1,00411	-0,411
30°45	1,35469	1,36060	1,00436	-0,436

La valeur absolue de $-C_v$ a encore diminué de 0.2 % environ par rapport au système précédent; pour le reste, les mêmes particularités subsistent.

Passons aux expériences relatives à l'indice de réfraction :

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	—	—	—	—	—
	$t = 12°9$		$C_v = -0,393$		
r	1,38604	1,39254	1,00469	-0,469	*0,838*
D	1,38763	1 39421	1,00474	-0,474	*0,829*
b	1,39315	1,39987	1,00482	-0,382	*0,815*
v	1,39684	1,40367	1,00489	-0,489	*0,804*
	$t = 22°0$		$C_v = -0,422$		
r	1,38210	1,38860	1,00470	-0,470	*0,898*
D	1,38411	1,39070	1,00476	-0,476	*0,887*
b	1,38912	1,39587	1,00486	-0,486	*0,868*
v	1,39275	1,39961	1.00493	-0,493	*0,856*
	$t = 39°4$		$C_v = -0,452$		
r	1,37436	1,38076	1,00466	-0,466	*0,970*
D	1,37635	1,38282	1,00470	-0,470	*0,962*
b	1,38126	1,38794	1,00483	-0,483	*0,936*
v	1,38495	1,39171	1,00488	-0,488	*0,927*
	$t = 57°5$		$C_v = -0,481$		
r	1,36621	1,37244	1,00456	-0,456	*1,055*
D	1,36818	1,37450	1.00462	-0,462	*1,041*
b	1,37296	1,37944	1,00472	-0,472	*1,019*
v	1,37652	1,38312	1,00479	-0,479	*1,004*

Solution II.

$t = 12°1$ $\qquad$ $C_v = -0.558$

r	1,40136	1,41028	1,00636	-0,636	*0,877*
D	1,40315	1,41215	1,00641	-0,641	*0,870*
b	1,40896	1,41814	1,00650	-0,650	*0,859*
v	1,41308	1,42231	1,00653	-0,653	*0,854*

$t = 22°8$ $\qquad$ $C_v = -0,610$

r	1,39601	1,40499	1,00643	-0,643	*0,948*
D	1,39811	1,40720	1,00650	-0,650	*0,939*
b	1,40342	1,41273	1,00663	-0,663	*0,920*
v	1,40746	1,41685	1,00667	-0,667	*0,914*

$t = 39°2$ $\qquad$ $C_v = -0,701$

r	1,38785	1,39680	1,00645	-0,645	*1,087*
D	1,39015	1,39917	1,00649	-0,649	*1,080*
b	1,39528	1,40442	1,00658	-0,658	*1,065*
v	1,39918	1,40849	1,00665	-0,665	*1,054*

Solution III.

$t = 13°0$ $\qquad$ $C_v = -0,496$

r	1,41503	1,42314	1,00573	-0,573	*0,866*
D	1,41733	1,42553	1,00578	-0,578	*0,858*
b	1,42302	1,43140	1,00589	-0,589	*0,842*
v	1,42740	1,43587	1,00595	-0,595	*0,834*

$t = 24°0$ $\qquad$ $C_v = -0,532$

r	1,40937	1,41733	1,00565	-0,565	*0,942*
D	1,41157	1,41967	1,00574	-0,574	*0,927*
b	1,41714	1,42545	1,00586	-0,586	*0,908*
v	1,42146	1,42988	1,00592	-0,592	*0,898*

$t = 43°9$ $C_v = -0,613$

r	1,39852	1,40663	1,00580	-0,580	*1,056*
D	1,40068	1,40893	1,00588	-0,588	*1,042*
b	1,40617	1,41457	1,00597	-0,597	*1,027*
v	1,41047	1,41896	1,00602	-0,602	*1,018*

$t = 54°3$ $C_v = -0,649$

r	1,39278	1,40101	1,00591	-0,591	*1,098*
D	1,39493	1,40327	1,00598	-0,598	*1,085*
b	1,40032	1,40883	1,00608	-0,608	*1,067*
v	1,40458	1,41321	1,00614	0,614	*1,057*

Solution IV.

$t = 10°0$ $C_v = -0,389$

r	1,42779	1,43410	1,00442	-0,442	*0,880*
D	1,43019	1,43654	1,00444	-0,444	*0,876*
b	1,43602	1,44252	1,00453	-0,453	*0,859*
v	1,44057	1,44718	1,00459	-0,459	*0,847*

$t = 21°6$ $C_v = -0,414$

r	1,42133	1,42759	1,00440	-0,440	*0,941*
D	1,42373	1,43002	1,00442	-0,442	*0,936*
b	1.42754	1,43598	1,00450	-0,450	*0,920*
v	1,43410	1,44061	1,00454	-0,454	*0,912*

$t = 41°8$ $C_v = -0,464$

r	1,42968	1,41601	1,00431	-0,431	*1,077*
D	1,41225	1,41838	1,00434	-0,434	*1,069*
b	1,41785	1,41838	1,00449	-0,449	*1,033*
v	1,42229	1,42877	1,00455	-0,455	*1,020*

Alors que la courbe — C_v s'est rapprochée des abscisses, la courbe — C_n s'en est au contraire éloignée par rapport au système précédent. Ce double déplacement se marque très fort sur la valeur de A, qui tombe au-dessous de 0,9. Ici également, il y a une augmentation assez forte de A avec l'élévation de température : la constante atteint presque 1,1 au delà de 50°. D'une concentration à l'autre, les valeurs de A sont aussi semblables qu'on peut l'espérer : ici encore, comme pour les deux systèmes précédents, la présence de halogène dans un des corps en mélange ne paraît pas influencer la valeur de A.

4. — *Tétrachlorure de carbone + acide acétique.*

Pour compléter cette série, j'ai également examiné un composé tétrahalogéné, le tétrachlorure de carbone, dont la densité est : 1,60012 à 17°0, 1,58622 à 24°1 et 1,57358 à 30°5.

Celle de ses solutions dans l'acide acétique est donnée dans la table suivante :

I. — *21,319 °/₀ tétrachlorure de carbone + 78,681 °/₀ acide acétique.*

t°.	$d\ t^\circ/4^\circ$.	d_v.	$d_v : d$.	C_v.
14°6	1,13292	1,13811	1,00458	-0,458
21°1	1,12456	1,12995	1,00480	-0,480
29°2	1,11416	1,11979	1,00505	-0,505

II. — *41,728 °/₀ tétrachlorure de carbone + 58,272 °/₀ acide acétique.*

14°2	1,22167	1,23133	1,00791	-0,791
21°35	1,21144	1,22163	1,00841	-0,841
29°3	1,19984	1,21058	1,00895	-0,895

III. — *64,436 °/₀ tétrachlorure de carbone + 35,564 °/₀ acide acétique.*

16°45	1,33899	1,35091	1,00890	-0,890
24°2	1,32430	1,33887	1,00949	-0,949
30°4	1,31563	1,32908	1,01022	-1,022

Jusqu'à présent, on observait un rapprochement graduel de la courbe — C_v de l'axe des abscisses au fur et à mesure de l'accumulation des atomes de halogène ; ici, au contraire, la courbe — C_v s'éloigne davantage de cet axe que pour le système précédent. Comme toujours, on observe une notable augmentation de — C_v avec l'élévation de température.

Voici les résultats de mes essais concernant la réfraction :

Tétrachlorure de carbone.

t°.	*r*.	D.	*b*.	*v*.
10°7	1,46276	1,46563	1,47263	1,47817
23°8	1,45503	1,45786	1,46468	1,47023
37°1	1,44710	1,44989	1,45650	1,46199
49°0	1,43996	1,44266	1,44906	1,45451

Solution I.

	n.	n_v.	$n_v : n$.	C_n.	A.
	t = 13°05		C_v = -0,456		
r	1,38315	1,39063	1,00541	-0,541	*0,843*
D	1,38524	1,39278	1,00544	-0,544	*0,838*
b	1,39038	1,39799	1,00548	-0,548	*0,832*
v	1,39401	1,40176	1,00556	-0,556	*0,820*
	t = 24°5		C_v = -0,488		
r	1,37842	1,38575	1,00532	-0,532	*0,917*
D	1,38050	1,38789	1,00535	-0,535	*0,912*
b	1,38541	1,39289	1,00540	-0,540	*0,904*
v	1,38916	1,39676	1,00547	-0,547	*0,892*
	t = 40°3		C_v = -0,538		
r	1,37135	1,37889	1,00549	-0,549	*0,980*
D	1,37340	1,38099	1,00553	-0,553	*0,973*
b	1,37832	1,38604	1,00560	-0,560	*0,961*
v	1,38189	1,38974	1,00568	-0,568	*0,947*

Solution II.

$t = 13^\circ 35$ $\quad C_v = -0{,}785$

r	1 39593	1,40819	1,00879	-0 879	*0,893*
D	1,39829	1,41072	1,00888	-0,888	*0,884*
b	1,40352	1,41615	1,00900	-0,900	*0,872*
v	1,40747	1,42031	1,00912	-0,912	*0,861*

$t = 39^\circ 5$ $\quad C_v = -0{,}950$

r	1,38357	1,39589	1,00890	-0,890	*1,067*
D	1,38572	1,39815	1,00897	-0,897	*1,059*
b	1,39090	1,40359	1,00913	-0,913	*1,040*
v	1,39476	1,40770	1,00935	-0,935	*1,016*

$t = 57^\circ 0$ $\quad C_v = -1{,}065$

r	1,37494	1,38746	1,00911	-0,911	*1,171*
D	1,37708	1,38968	1,00915	-0,915	*1,164*
b	1,38215	1,39491	1,00923	-0,923	*1,154*
v	1,38585	1,39899	1,00948	-0,948	*1,125*

Solution III.

$t = 14^\circ 5$ $\quad C_v = -0{,}870$

r	1,41462	1,42794	1,00942	-0,942	*0,924*
D	1,41676	1,43030	1,00956	-0,956	*0,910*
b	1,42261	1,43643	1,00972	-0,972	*0,895*
v	1,42714	1,44113	1,00980	-0,980	*0,888*

$t = 22^\circ 55$ $\quad C_v = -0{,}937$

r	1,40762	1,42365	1,00936	-0,936	*1,001*
D	1,41277	1,42617	1,00948	-0,948	*0,988*
b	1,41850	1,43219	1,00965	-0,965	*0,971*
v	1,42304	1,43690	1,00974	-0,974	*0,962*

$t = 34°4$ $C_v = -1{,}063$

r	1,40139	1,41753	1,00936	-0,936	*1,136*
D	1,40660	1,41999	1,00952	-0,952	*1,116*
b	1,41225	1,42594	1,00969	-0,969	*1,097*
v	1,41667	1,43059	1,00982	-0,982	*1,082*

$t = 48°0$ $C_v = -1{,}180$

r	1,39726	1,41040	1,00940	-0,940	*1,255*
D	1,39949	1,41283	1,00953	-0,953	*1,238*
b	1,40477	1,41854	1,00980	-0,980	*1,204*
v	1,40917	1,42314	1,00985	-0,985	*1,198*

Les valeurs de — C_n sont également un peu plus grandes que pour le système chloroforme + acide acétique et pour ainsi dire dans les mêmes proportions que celles de — C_v; en d'autres termes, la valeur de A est sensiblement la même que pour le système précédent, c'est-à-dire un peu inférieure à 0,9 à température ordinaire, avec augmentation d'environ 0,2 vers 50°.

Si on considère la série examinée, on constate que pour les trois premiers termes le remplacement d'un atome d'hydrogène par un atome de halogène provoque une diminution de A. J'ai trouvé en effet :

	A.
Bromure de butyle + acide acétique	2,0
Chlorure d'éthène + acide acétique	1,6
Chloroforme + acide acétique	0,9

Avec le terme en Cl_4, on reste à 0,9, au lieu d'avoir un nombre plus faible, comme on croirait à première vue devoir s'y attendre; on pourrait aussi estimer que la chute de A entre le chlorure d'éthène et le chloroforme est trop grande et qu'en réalité le troisième système devrait avoir pour A une valeur plus élevée que 0,9. A cela on peut répondre que les expériences ont été faites avec un soin suffisant pour que des erreurs aussi grandes que celles que cette hypothèse laisse supposer paraissent entièrement exclues. Ensuite, il est bon de faire remarquer que l'on n'a pas affaire à une « série » tout à fait digne de ce nom, c'est-à-dire changeant d'un terme à l'autre d'une même quantité : ceci correspondrait, dans le cas qui nous occupe, au remplacement successif des atomes d'hydrogène par des atomes de chlore *dans un même composé*. Mais dans les exemples que j'ai choisis, le premier terme est en C_4, le second en C_2 et le troisième en C_1. Ajoutez à cela qu'il se pourrait que le quatrième terme se comportât un peu différemment des autres à cause de l'absence complète d'hydrogène ; que le premier terme est un dérivé bromé et non un dérivé chloré comme les précédents, et que la valeur respective du chlore et du brome n'est pas encore élucidée au point de vue qui nous intéresse. On pourrait peut-être me faire le reproche de ne pas avoir procédé directement d'une façon plus logique, permettant de conclure à des résultats plus certains concernant certains aspects de la question. A quoi je répondrai qu'il m'importait avant tout de commencer par avoir une idée générale du problème qui — ainsi qu'on vient de le voir — s'obtient très suffisamment en utilisant comme matériel de recherche des produits que l'on peut se procurer assez aisément. Une étude plus rationnelle, qui serait certes préférable, n'irait malheureusement pas sans de sérieuses difficultés expérimentales. Il faudrait en effet prendre comme point de départ un hydrocarbure aliphatique qu'on devrait forcément choisir parmi les termes assez élevés pour obtenir un liquide ne bouillant pas à température trop basse. Or, il est peu commode — et fort dispendieux — de se procurer en très grandes quantités et à l'état parfaitement pur des liquides tels que l'hexane, l'heptane ou l'octane. Puis il faudrait traiter cet hydrocarbure en le transformant successivement en dérivé monochloré, dichloré, trichloré, etc., et en opérant de façon à connaître exactement la position du ou des atomes de chlore, pour pouvoir étudier les différents isomères. Plus l'hydrocarbure choisi sera un terme élevé de la série, plus le nombre de composés chlorés à étudier sera grand. L'expérience seule pourra nous apprendre jusqu'à quel point il sera recommandable de choisir un terme très élevé et s'il n'y a pas à craindre que, dans une longue chaîne hydrocarbonée, l'influence de chaque déplacement d'un atome d'hydrogène par un atome de chlore ne se marque d'une façon beaucoup moins nette que dans une chaîne plus courte.

En tout cas, on imagine aisément la quantité énorme d'hydrocarbure nécessaire comme point de départ, quand on songe aux nombreux dérivés à préparer et aux déchets que donnent ces opérations; quand on songe que chacun de ces dérivés devra être étudié dans ses mélanges avec toute une série de liquides, autres encore que ceux que j'ai examinés (aldéhydes, éthers, etc.); quand on songe enfin que chaque système doit être étudié à plusieurs titres et que 100 grammes de mélange sont au moins nécessaires pour une seule opération. Après cela, on ose à peine penser aux dérivés bromés et iodés!

Je résume brièvement les résultats de cette étude :

1° Conformément à des prévisions antérieures, j'ai montré que les mélanges de chloroforme et d'alcool ont lieu avec une diminution de l'indice de réfraction, et que les variations de — C_n en fonction de la concentration sont représentées par une courbe très régulière;

2° Les cétones en mélange avec des composés mono-, bi- et trihalogénés présentent, en ce qui concerne leurs variations de densité et de réfraction, des particularités rappelant celles que j'ai mises en évidence chez les alcools dans des conditions analogues. Toutefois les cétones ne montrent pas clairement — comme le font les alcools — la dissymétrie des courbes C_v et C_n l'une par rapport à l'autre; je fais abstraction du système chloroforme + acétone, qui donne une courbe C_v rappelant tout à fait celle du système chloroforme + alcool, sauf qu'elle est son image spéculaire;

3° Les acides gras en mélange avec les composés halogénés ne paraissent pas donner lieu à la moindre anomalie : les valeurs de C_v aussi bien que celles de C_n restent négatives, même quand l'un des corps en mélange est chargé de quatre atomes de halogène. La valeur de la constante de réfraction est parfaitement invariable avec la concentration et, d'une façon générale, elle diminue pour chaque remplacement d'un atome d'hydrogène par un atome de halogène : l'effet est analogue à celui que j'ai observé lorsqu'on augmente le chaînon carboné d'un groupement CH_2;

4° Les faits nouveaux rapportés au cours de ce travail m'amènent à me rallier plus fortement encore à l'hypothèse d'un noyau matériel à volume variable (Richards), comme étant celle qui donne, sinon une explication, du moins une conception aisée des phénomènes observés. J'en ai parlé d'une façon explicite précédemment : l'acte du mélange produirait une modification de l'espace occupé par le noyau matériel et par le covolume, chacun d'eux pouvant varier différemment et indépendamment. On conçoit ainsi comment il se fait que les variations de la réfraction, qui sont l'expression des changements du covolume seul, affectent plus de régularité que les variations de la densité, qui nous renseignent sur les variations globales de l'ensemble de la molécule, covolume et noyau réunis. La présence du chlore ou d'un autre halogène paraît favoriser la production de variations discordantes du covolume et du noyau; dès lors, il n'est nullement étonnant que la résultante de ces variations d'intensité et de sens différents s'expriment par des courbes généralement irrégulières et affectant les formes les plus diverses.

Londres et Liége, août 1912.

M. F. SCHWERS, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10, 1912.

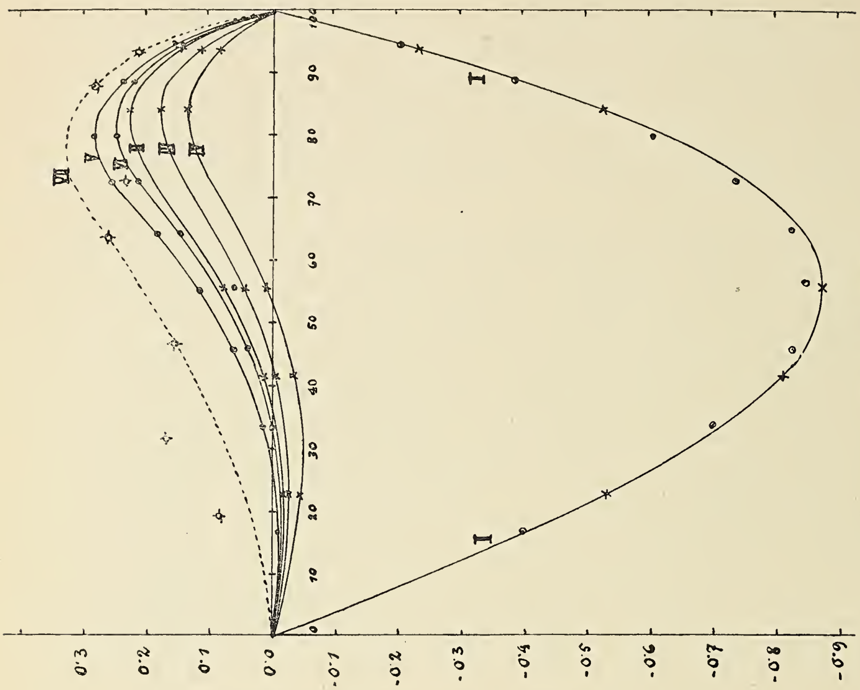


DIAGRAMME 2

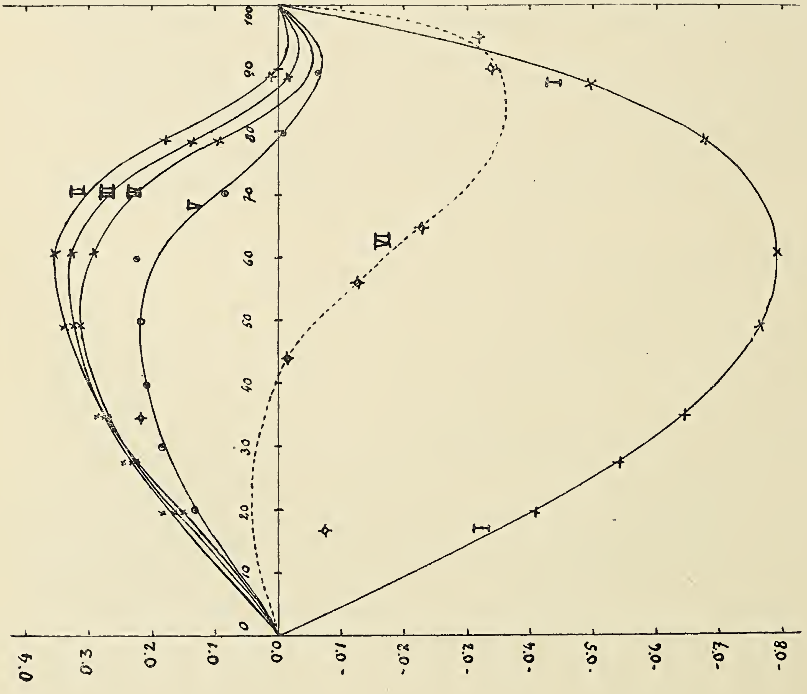


DIAGRAMME 1

EXPLICATION DES DIAGRAMMES.

Diagramme 1. — *Système alcool + chloroforme.*

Courbe I. — Changements subis par l'indice de réfraction (C_n) en fonction de la concentration (t = 10°, raie D).

Courbes II à VI. — Changements subis par la densité (C_v) en fonction de la concentration :

II d'après mes essais à 11° (marqués +);
III d'après mes essais à 21° (marqués +);
IV d'après mes essais à 31° (marqués +);
V d'après les essais de Drecker à 19°46 (marqués ⊙);
VI d'après les essais de Findlay vers 60° (marqués ⌖).

Diagramme 2. — *Système acétone + chloroforme.*

Courbe I. — Changements subis par l'indice de réfraction (C_n) en fonction de la concentration (t = 11°, raie D), d'après les essais de Hubbard (⊙) et d'après les miens (+).

Courbes II à VII. — Changements subis par la densité (C_v) en fonction de la concentration :

II d'après mes essais à 12° (marqués +);
III d'après mes essais à 21° (marqués +);
IV d'après mes essais à 31° (marqués +);
V d'après les essais de Hubbard à 25° (marqués ⊙);
VI d'après les essais de Hubbard à 35°77 (marqués ⊙);
VII d'après les essais de Findlay vers 60° (marqués ⌖).

Dans les deux diagrammes, la concentration (axe des abscisses) est indiquée en °/o en poids et en quantité croissante de $CHCl_3$ en allant de gauche à droite. Les ordonnées représentent les variations (de d et de n) exprimées en °/o; positives, elles correspondent à des contractions; négatives, à des dilatations.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — **A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration,**

par le Dr EDGARD ZUNZ, agrégé à l'Université de Bruxelles.

I. — INTRODUCTION.

Les importants travaux de Bechhold (¹) autorisaient l'espoir de parvenir à séparer les diverses protéoses contenues dans la peptone de Witte les unes des autres par une ultrafiltration graduelle. Mes essais antérieurs dans cette voie (²) n'ont malheureusement guère répondu à cette attente.

Une solution de peptone de Witte, utilisée dans deux expériences parallèles, a donné le résultat peu encourageant suivant : Deux ultrafiltres 6, préparés selon la méthode de Bechhold au moyen de papier nº 566 de Schleicher et Schüll et de solution à 6 °/₀ de collodion dans l'acide acétique glacial, ont retenu respectivement 62.30 et 9.77 °/₀ de l'azote des albumoses « primaires » de Kühne (hétéroalbumose et protoalbumose), 33.19 et 11.92 °/₀ de l'azote de la deutéroalbumose A de Pick (³), 5.53 et 9.13 °/₀ de l'azote de la deutéroalbumose C de Pick, 19.67 et 28.63 °/₀ de l'azote des produits non précipités par les sulfates d'ammoniaque et de zinc. Ces grandes différences, observées en employant la même solution de peptone de Witte et des ultrafiltres de même préparation, dépendent certes en partie des variations présentées par la grandeur des pores dans

---

(¹) H. BECHHOLD, Ultrafiltration. (*Biochem. Zeitschr.*, 1907, t. VI, pp. 379-408.)

(²) E. ZUNZ, Nouvelles recherches sur les protéoses. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1911, pp. 653-734.)

(³) E. P. PICK, Ein neues Verfahren zur Trennung von Albumosen und Peptonen. (*Zeitschr. für physiol. Chem.*, 1897, t. XXIV, pp. 246-275.) — Zur Kenntnis der peptischen Spaltungsprodukte des Fibrins. (*Ibid.*, 1899, t. XXIX, pp. 219-287. — *Hofmeister's Beitr.*, 1902, t. II, pp. 481-513.)

l'étendue d'un même ultrafiltre. D'autres facteurs (pression, etc.) interviennent néanmoins aussi.

On obtient, il est vrai, d'autres fois des chiffres qui concordent mieux entre eux. Après passage par deux ultrafiltres 8, c'est-à-dire imprégnés de solution à 8 °/₀ de collodion, deux portions d'une même solution de peptone de Witte ont perdu respectivement 90.82 et 88.69 °/₀ de l'azote des albumoses « primaires » de Kühne, 67.65 et 64.97 °/₀ de l'azote de la deutéroalbumose A de Pick, 49.34 et 43.44 °/₀ de l'azote de la deutéroalbumose C de Pick, 50.69 et 44.29 °/₀ de l'azote des substances non précipitées par les sulfates d'ammoniaque et de zinc.

Les différences d'insolubilité en présence des sels des diverses protéoses ne sont pas en relation absolue avec leur grandeur moléculaire, puisqu'un ultrafiltre qui retient la moitié environ de l'azote du quatrième groupe de protéoses de Pick (deutéroalbumose C) laisse passer entièrement le troisième groupe (deutéroalbumose B).

D'autre part, la grandeur moléculaire de certains des produits de désintégration de la fibrine, non précipités par les sulfates d'ammoniaque et de zinc (peptones, polypeptides), ne le cède en rien à celle de certaines protéoses, du moins dans l'état sous lequel se trouvent les composés de l'une et de l'autre catégorie dans la solution de peptone de Witte, c'est-à-dire probablement sous forme de complexes ou de combinaisons.

Les résultats obtenus avec les protéoses isolées par la méthode de Pick ne concordent pas complètement avec les faits observés avec la solution de peptone de Witte. C'est ainsi que l'ultrafiltre 3, c'est-à-dire imprégné d'une solution à 3 °/₀ de collodion, ne retient pas une quantité bien appréciable de protéoses dans les expériences effectuées avec la solution de peptone de Witte. Or, on parvient, au moyen de l'ultrafiltre 3, à séparer une partie de la thioalbumose et de la protoalbumose du reste de ces complexes ou combinaisons de protéoses.

L'ultrafiltre 4, c'est-à-dire imprégné d'une solution à 4 °/₀ de collodion, retient plus de la moitié de l'hétéroalbumose et de la protoalbumose lorsqu'on opère avec l'une ou l'autre de ces substances. Lorsqu'on part, au contraire, de la peptone de Witte, cet ultrafiltre n'enlève au liquide que très peu d'hétéroalbumose et de protoalbumose.

Il résulte des constatations rappelées ci-dessus et d'observations effectuées par d'autres procédés expérimentaux que l'hétéroalbumose, la protoalbumose, la synalbumose et la thioalbumose, isolées par la méthode de Pick, ne représentent pas des substances chimiquement définies, mais bien plutôt des mélanges, complexes ou combinaisons de protéoses offrant quelque constance dans leur constitution. Leurs constituants paraissent avoir, en partie tout au moins, une grandeur moléculaire plus considérable que les albumoses renfermées dans la solution de peptone de Witte. Aussi n'est-il pas absolument certain que ces mélanges, complexes ou combinaisons de protéoses existent tels quels dans les solutions de produits de désintégration des protéines soumises à l'action de la pepsine. Peut-être prennent-ils naissance par réunion de diverses protéoses ou de plusieurs groupements d'albumoses au cours des précipitations par le sulfate d'ammoniaque et par l'alcool.

Malgré les conclusions peu encourageantes auxquelles m'ont amené mes précédentes recherches, il m'a paru nécessaire, avant de renoncer à l'ultrafiltration comme moyen de séparation des protéoses contenues dans une solution de peptone de Witte, de procéder à des expériences de contrôle avec les ultrafiltres préparés par la maison Schleicher et Schüll selon les indications de M. le Prof^{r} Bechhold (1).

II. — TECHNIQUE.

Je me suis servi d'ultrafiltres 4 $^1/_2$ et 6, c'est-à-dire imprégnés de solutions de collodion dans l'acide acétique glacial, dont la teneur en nitrocellulose correspond à 4 $^1/_2$ ou à 6 $^0/_0$. Les ultrafiltres 4 $^1/_2$ retiennent déjà complètement l'hémoglobine renfermée dans une solution à 1 °/₀ de cette substance.

---

(1) H. BECHHOLD, Ultrafiltration. (*E. Abderhalden's Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden.* Berlin et Vienne, 1912, t. V, pp. 1086-1094.)

J'ai apporté quelques modifications à l'appareil à ultrafiltration de Bechhold. La toile métallique destinée à servir de support immédiat à l'ultrafiltre *Fi* (^{1}) se place dans cet appareil entre deux rebords métalliques circulaires à surface entièrement lisse, revêtus de joints en caoutchouc *GG*. Ces rebords terminent l'un, vers l'extérieur, le récipient interne *Tr* qui sert de réservoir au liquide à filtrer, l'autre, vers l'intérieur, le vase cylindrique externe *H*. Il m'a paru utile de munir de trois rainures circulaires concentriques les surfaces de ces deux rebords métalliques en contact immédiat avec les joints de caoutchouc et d'employer des joints assez épais. On réalise ainsi aisément une bonne étanchéité de l'appareil.

Un tuyau métallique relie directement l'appareil à ultrafiltration à une bonbonne, à air comprimé, munie d'un régulateur très sensible et d'un manomètre. Un second manomètre se trouve sur le tuyau de raccord et indique la pression à laquelle on opère l'ultrafiltration. Lohmann (^{2}) a décrit récemment un dispositif analogue

Un seul échantillon de peptone de Witte a servi aux trois expériences dont les résultats sont rassemblés dans les tableaux I à III. Le premier donne les chiffres trouvés dans ces expériences. Le second les indique en pour cent de l'azote de la solution initiale de peptone de Witte employée dans chaque expérience. Le troisième les mentionne en pour cent de l'azote total de chaque liquide considéré isolément.

Dans chaque expérience, on prépare 500 centimètres cubes de solution aqueuse neutre de peptone de Witte en chauffant au

---

(^{1}) Ces lettres se rapportent à la figure 262, page 1089, de l'article de H. BECHHOLD dans le tome V du *Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden* publié par *Emil Abderhalden*.

(^{2}) A. LOHMANN, Eine einfache Vorrichtung zum Filtrieren unter beliebig hohem Druck. (*Zeitschr. für Biol.*, 1911, t. LVII, pp. 183-184.)

bain-marie, à une température modérée, pendant une demi-heure environ. On laisse reposer la liqueur deux heures, puis on la filtre. Une partie du filtrat sert à la détermination, par la méthode que j'ai proposée (1), de la répartition de l'azote entre les divers groupes de protéoses établis par Pick et les autres produits de scindage des protéines. On y recherche, en outre, l'azote aminé aliphatique par la méthode gazométrique de Van Slyke (2), en laissant agir l'acide nitreux soit pendant cinq minutes, ainsi que Van Slyke l'a d'abord proposé, soit pendant dix minutes. Afin de réduire au minimum les erreurs dues à la faible teneur de la peptone de Witte en azote aminé aliphatique, on emploie un appareil de Van Slyke, légèrement modifié à cet effet (3).

On introduit 250 centimètres cubes de solution de peptone de Witte dans l'appareil à ultrafiltration. On recueille à part les 100 premiers centimètres cubes du filtrat (première portion), puis le restant (seconde portion). On détermine, dans chacune de ces deux portions de filtrat, la répartition de l'azote entre les quatre groupes de protéoses de Pick et les autres dérivés des protéines, ainsi que l'azote aminé aliphatique décelable par la méthode de Van Slyke au bout de cinq et de dix minutes d'action de l'acide nitreux.

Les trois expériences ont été effectuées dans une chambre dont la température était de 15 à 16° C.

La pression utilisée pour l'ultrafiltration a été de 4 atmosphères.

Dans la première expérience, effectuée avec un ultrafiltre 4 $^1/_2$, l'ultrafiltration était déjà achevée au bout de vingt-quatre heures. On n'y est, par contre, parvenu respectivement qu'au bout de quarante-six et de cinquante-quatre heures dans les expériences II et III, faites avec des ultrafiltres 6.

---

(1) E. Zunz, Methoden zur Untersuchung der Verdauungsprodukte. (*E. Abderhalden's Handb. der biochemischen Arbeitsmethoden*, Berlin et Vienne, 1910, t. III, pp. 230-232.)

(2) D. D. Van Slyke, Die gasometrische Bestimmung von primärem aliphatischen Aminostickstoff und ihre Anwendung auf physiologisch-chemischem Gebiete. (*E. Abderhalden's Handb. der biochemischen Arbeitsmethoden*, Berlin et Vienne, 1912, t. V, pp. 995-1010.)

(3) E. Zunz, Recherches sur la digestion des protéines du pain et de la viande chez le chien. (*Bull. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique*, 1912, 4e sér., t. XXVI, pp. 282-319.)

Le passage des 100 premiers centimètres cubes de filtrat a exigé environ dix heures dans l'expérience I, vingt-quatre dans l'expérience II, vingt-six dans l'expérience III.

On maintient chacun des deux ultrafiltres 6 à trois reprises pendant quatre heures dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, puis de nouveau à trois reprises pendant le même laps de temps dans 100 centimètres cubes de solution aqueuse de chlorure de sodium à 6 °/₀₀. On redissout ainsi les substances précipitées sur l'ultrafiltre On filtre ces six portions de liquide. On ramène le filtrat total à 100 centimètres cubes à l'étuve de Buxton et Beebe, au moyen d'un courant d'air sec chauffé à 35° C. On recherche dans chacun des deux liquides ainsi obtenus la répartition de l'azote entre les divers groupes de protéoses et les autres produits de scindage des protéines, ainsi que l'azote aminé aliphatique décelable au bout de cinq minutes d'action de l'acide nitreux.

Afin de voir si des phénomènes d'absorption n'interviennent pas aussi au cours de l'ultrafiltration des solutions de peptone de Witte, on découpe chacun des deux ultrafiltres en très petits morceaux. On laisse macérer les fragments de chaque ultrafiltre à trois reprises pendant quatre heures dans 100 centimètres cubes d'eau distillée, puis à trois reprises pendant ce même laps de temps dans 100 centimètres cubes de solution aqueuse de chlorure de sodium à 6 °/₀₀. On filtre ces divers liquides et on les ramène à un volume total de 100 centimètres cubes à l'étuve de Buxton et Beebe, au moyen d'un courant d'air sec chauffé à 35° C. On détermine la teneur en azote de chacun des deux liquides ainsi obtenus. Elle est insignifiante. Aussi réduit-on à 10 centimètres cubes les 90 centimètres cubes non encore employés et se borne-t-on à y déceler la présence ou l'absence de chacun des quatre groupes de protéoses de Pick.

III. — Résulta

TENEUR EN AZOTE DE 10 CENTIMÈTRES CUBES DE LIQUIDE, en milligrammes.		PREMIÈRE EXPÉRIENCE.		
		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 4 $^1/_2$	
			Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat
Azote total		75.74	75.04	74.68
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne (hétéroalbumose et protoalbumose) . . .		52.56	51.98	51.57
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne et de la deutéroalbumose A de Pick . . .		44.67	44.34	43.98
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne et des deutéroalbumoses A et B de Pick . . .		23.40	23.20	23.02
Azote total moins l'azote de toutes les protéoses . . .		12.98	12.64	12.41
Azote des protéoses	hétéroalbumose et protoalbumose.	23.18	23.06	23.11
	deutéroalbumose *A* . . .	7.89	7.64	7.59
	deutéroalbumose *B* . .	21.27	21.14	20.96
	deutéroalbumose *C* . . .	10.42	10.56	10.61
	total	62.76	62.40	62.27
des autres produits		12.98	12.64	12.41
Azote total disparu		—	0.70	1.06
Azote aminé aliphatique obtenu après un traitement de . .	cinq minutes par l'acide nitreux.	5.85	5.97	5.76
	dix minutes par l'acide nitreux.	6.11	6.09	5.75

ableau I.

LUTION DE PEPTONE DE WITTE.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.				TROISIÈME EXPÉRIENCE.			
Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.			Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.		
	Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre.		Première portion du filtrat	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre
77.84	54.80	34.88	19.18	77.56	60.32	50.28	16.50
53.36	47.52	34.42	8.81	53.01	46.86	43.39	6.89
45.84	43.39	33.44	3.89	45.40	41.69	38.90	3.06
23.95	21.82	18.42	3.89	23.62	20.11	17.44	3.06
13.11	11.80	9.12	3.89	12.96	10.55	8.35	3.06
24.48	7.28	0.46	10.37	24.55	13.46	6.89	9.61
7.52	4.13	0.98	4.92	7.61	5.17	4.49	3.83
21.89	21.57	15.02	0.00	21.78	21.58	21 46	0.00
10.84	10.02	9.30	0.00	10.66	9.56	9.09	0.00
64.73	43.00	25.76	15.29	64.60	49.77	41.93	13.44
13.11	11.80	9.12	3.89	12.96	10.55	8.35	3.06
—	23.04	42.96	—	—	17.24	27 28	—
5.40	5.55	5.69	0.16	5.32	5.35	5.21	0.09
5.90	5.82	5.66	—	5.64	5.67	5.34	—

III. — Resultats.

Tableau I.

TENEUR EN AZOTE DE 10 CENTIMÈTRES CUBES DE LIQUIDE, en milligrammes.	SOLUTION DE PEPTONE DE WITTE.										
	PREMIÈRE EXPÉRIENCE.			DEUXIÈME EXPÉRIENCE.				TROISIÈME EXPÉRIENCE.			
	Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 4½.		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.			Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.		
		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre.		Première portion du filtrat	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre
Azote total	75.74	75.04	74.68	77.84	54.80	34.88	19.18	77.56	60.32	50.28	16.50
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne (hétéroalbumose et protoalbumose) . . .	52.56	51.98	51.57	53.36	47.52	34.42	8.81	53.01	46.86	43.39	6.89
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne et de la deutéroalbumose A de Pick . .	44.67	44.34	43.98	45.84	43.39	33.44	3.89	45.40	41.69	38.90	3.06
Azote total moins l'azote des « protéoses primaires » de Kühne et des deutéroalbumoses A et B de Pick . . .	23.40	23.20	23.02	23.95	21.82	18.42	3.89	23.62	20.11	17.44	3.06
Azote total moins l'azote de toutes les protéoses . . .	12.98	12.64	12.41	13.11	11.80	9.12	3.89	12.96	10.55	8.35	3.06
Azote des protéoses hétéroalbumose et protoalbumose.	23.18	23.06	23.11	24.48	7.28	0.46	10.37	24.55	13.46	6.89	9.61
deutéroalbumose *A*	7.89	7.64	7.59	7.52	4.13	0.98	4.92	7.61	5.17	4.49	3 83
deutéroalbumose *B* . .	21.27	21.14	20.96	21.89	21.57	15.02	0.00	21.78	21.58	21 46	0.00
deutéroalbumose *C* . .	10.42	10.56	10.61	10.84	10.02	9.30	0.00	10.66	9.56	9.09	0.00
total	62.76	62.40	62.27	64.73	43.00	25.76	15.29	64.60	49.77	41.93	13.44
Azote des autres produits	12.98	12.64	12.41	13.11	11.80	9.12	3.89	12.96	10.55	8.35	3.06
Azote total disparu	—	0.70	1.06	—	23.04	42.96	—	—	17.24	27 28	—
Azote aminé aliphatique obtenu après un traitement de cinq minutes par l'acide nitreux.	5.85	5.97	5.76	5.40	5.55	5.69	0.16	5.32	5.35	5.21	0.09
dix minutes par l'acide nitreux.	6.11	6.09	5.75	5.90	5.82	5.66	—	5.64	5.67	5.34	—

Tableau II.

POUR CENT DE L'AZOTE INITIAL DE LA SOLUTION DE PEPTONE DE WITTE.		SOLUTION DE PEPTONE DE WITTE.								
		PREMIÈRE EXPÉRIENCE.			DEUXIÈME EXPÉRIENCE.			TROISIÈME EXPÉRIENCE.		
		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 4 $^1/_2$.		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.	
			Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.
Sous forme de protéoses	hétéroalbumose et protoalbumose.	30.60	30 45	30.51	31.45	9.35	0.59	31.65	17.35	8.88
	deutéroalbumose *A*	10.42	10 09	10 02	9.66	5.31	1.26	9.82	6.66	5.79
	deutéroalbumose *B*	28.08	27.91	27.67	28.12	27.71	19.09	28.08	27.82	27.67
	deutéroalbumose *C*	13.76	13 94	14.01	13.93	12.87	11.95	13.74	12.33	11.72
	total	82.86	82.39	82.21	83.16	55.24	33.09	83.29	64.17	54.06
Sous forme d'autres produits.		17.14	16.69	16.39	16.84	15.16	11.72	16.71	13.60	10.77
Retrouvé en tout		—	99.07	98 60	—	70 40	44.81	—	77.77	64.83
A l'état d'azote aminé aliphatique après traitement de	cinq minutes par l'acide nitreux	7.72	7 88	7 60	6.94	7.13	7.31	6.86	6.90	6.72
	dix minutes par l'acide nitreux	8 07	8 04	7 59	7.58	7.48	7.27	7.27	7.31	6.88

Tableau III.

POUR CENT DE L'AZOTE TOTAL de chaque solution considérée séparément.		SOLUTION DE PEPTONE DE WITTE.										
		PREMIÈRE EXPÉRIENCE.			DEUXIÈME EXPÉRIENCE.				TROISIÈME EXPÉRIENCE.			
		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 4 ¹/₂.		Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.			Telle quelle (liquide initial).	Après passage par l'ultrafiltre 6.		
			Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre.		Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Portion retenue par l'ultrafiltre.
Sous forme de protéoses	hétéroalbumose et protoalbumose .	30.60	30.73	30.94	31.45	13.99	1.32	54.07	31.65	22.31	13.70	58.24
	deutéroalbumose *A*	10.42	10.17	10.16	9.66	7.54	2.81	25.65	9.82	8.57	8.93	23.21
	deutéroalbumose *B*	28.08	28.18	28.07	28.12	39.36	43.06	0.00	28.08	35.78	42.68	0.00
	deutéroalbumose *C*	13.76	14.08	14.21	13.93	18.28	26.66	0.00	13.74	15.85	18.08	0.00
	total.	82.86	83.16	83.38	83.16	78.47	73.85	79.72	83.29	82.51	83.39	81.46
Sous forme d'autres produits		17.14	16.84	16.62	16.84	21.53	26.15	20.28	16.71	17.49	16.61	18.54
A l'état d'azote aminé aliphatique		7.72	7.96	7.71	6.94	20.13	16.31	8.34	6.86	8.87	10.37	5.45

L'examen des résultats rassemblés dans les tableaux I à III démontre que l'ultrafiltre 4 $^1/_2$ n'a retenu ni protéoses ni autres substances contenues dans la peptone de Witte. Les ultrafiltres 6 ont, au contraire, amené d'importantes modifications de la composition de la peptone de Witte. Dans mes expériences antérieures, les ultrafiltres 3 se sont comportés comme les ultrafiltres 4 $^1/_2$, tandis que les ultrafiltres 4 et 5 ont retenu environ 4 °/₀ de l'azote et qu'il a fallu arriver aux ultrafiltres 6 pour constater de notables différences entre la composition du liquide soumis à l'ultrafiltration et celle des ultrafiltrats. Les données des deux séries d'expériences cadrent donc assez bien sous ce rapport.

Les liquides obtenus après passage par l'ultrafiltre 4 $^1/_2$ ou par l'ultrafiltre 6 renferment la même quantité d'azote aminé aliphatique décelable par la méthode de Van Slyke que la solution de peptone de Witte dont ils proviennent. Les chiffres d'azote aminé aliphatique constatés au bout de cinq et de dix minutes d'action de l'acide nitreux ne diffèrent guère. La mise en liberté de cet azote est donc soit entièrement terminée, soit à peu près achevée au bout de cinq minutes. Il en est, du reste, en général ainsi pour les solutions de produits de la digestion pepsique ou gastrique des protéines, car leur teneur en azote aminé aliphatique est toujours très faible.

Ni l'ultrafiltre 4 $^1/_2$ ni l'ultrafiltre 6 ne retiennent, en réalité, d'azote aminé aliphatique. Néanmoins les solutions des substances précipitées sur l'ultrafiltre 6 contiennent une très faible quantité de cet azote. La proportion d'azote aminé aliphatique y est plus considérable que dans la solution de peptone de Witte dans l'expérience II, moindre par contre dans l'expérience III. Dans les deux cas, elle est inférieure à celle trouvée dans les filtrats, où elle subit un accroissement de la solution de peptone de Witte à la première portion de filtrat et de celle-ci à la seconde. Mais les chiffres absolus d'azote aminé aliphatique trouvés dans les solutions des substances précipitées sur l'ultrafiltre 6 sont si faibles qu'on ne peut leur attribuer de bien grande valeur, car ils ne dépassent guère les limites d'erreur de la méthode.

L'ultrafiltre 6 retient dans les deux expériences II et III une notable partie des deux premiers groupes de protéoses de Pick, une faible partie du quatrième groupe (deutéroalbumose C) et, en outre, des produits non précipités par le sulfate de zinc. Dans l'expérience III, on retrouve toute la deutéroalbumose B (troisième groupe de protéoses de Pick) dans les filtrats. Il en est de même dans la première partie de l'expérience II, mais pendant la seconde moitié de celle-ci l'ultrafiltre 6 retient le tiers environ de la deutéroalbumose B.

Ce désaccord entre les résultats de deux expériences, conduites de façon identique, n'est pas le seul que nous révèle l'examen des tableaux I à III. Comparons la composition des deux portions de filtrat obtenues dans chacune des expériences II et III. Dans les deux cas, la seconde portion de filtrat renferme beaucoup moins d'azote sous forme du premier groupe de protéoses (hétéroalbumose et protoalbumose) que la première. L'azote des 2^e et 4^e groupes (deutéroalbumoses A et C de Pick) et celui des produits non précipités par le sulfate de zinc diminue aussi dans une plus ou moins grande mesure de la première à la seconde portion de chacun des deux filtrats.

Le tableau IV indique combien les deux portions de filtrat obtenues dans chacune des expériences II et III renferment encore de pour cent de l'azote initial de chacun des cinq principaux groupes de produits de la digestion de la fibrine. J'y ai joint, à titre de comparaison, les données analogues obtenues dans mes expériences antérieures avec des ultrafiltres 6.

Si l'on s'en rapporte uniquement aux trois premiers groupes de protéoses, la composition de la seconde portion de filtrat provenant de l'expérience III se rapproche beaucoup de celle de la première portion de filtrat obtenue dans l'expérience II. Quant au quatrième groupe de protéoses et aux autres produits de scindage des protéines, il existe, par contre, une assez grande analogie entre les secondes portions des deux filtrats, bien que l'ultrafiltre 6 ait retenu une proportion plus considérable de ces deux groupes de composés, et surtout du dernier, dans l'expérience III que dans l'expérience II.

Tableau IV.

GROUPES de PRODUITS DE SCINDAGE des protéines.	POUR CENT DE L'AZOTE INITIAL RETROUVÉ.					
	ULTRAFILTRES 6 DE SCHLEICHER ET SCHULL.				ULTRAFILTRES de fabrication personnelle.	
	EXPÉRIENCE II.		EXPÉRIENCE III.			
	Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Première portion du filtrat.	Seconde portion du filtrat.	Premier ultrafiltre.	Second ultrafiltre.
Hétéroalbumose et protoalbumose.	29.73	1.88	54.82	28.06	37.70	90.23
Deutéroalbumose *A*	54.97	13.04	67.82	58.96	64.81	88.08
Deutéroalbumose *B* .	98.54	67.60	99.07	98.54	100.00	100.00
Deutéroalbumose *C* .	92.37	85.79	89.74	85.23	94.47	90.87
Autres produits de scindage des protéines	90.02	68.60	81.33	64.39	80.33	71.37

Il ressort des données du tableau IV que les ultrafiltres 6 livrés par Schleicher et Schüll ont retenu une plus forte proportion de protéoses et d'autres dérivés des protéines que les ultrafiltres 6 utilisés dans mes expériences antérieures.

Dans les deux expériences II et III, la proportion d'azote sous forme de protoalbumose et d'hétéroalbumose est moindre dans la seconde portion de filtrat que dans la première et surtout que dans la solution initiale de peptone de Witte. Les proportions d'azote sous forme de deutéroalbumose B et de deutéroalbumose C s'accroissent du liquide initial à la première portion de filtrat et de celle-ci à la seconde. Dans l'expérience II, la proportion d'azote sous forme de deutéroalbumose A et celle représentant l'ensemble des protéoses diminuent dans ces mêmes conditions, tandis que celle correspondant aux produits non précipités par le sulfate de zinc s'accroît. Dans l'expérience III, les proportions d'azote sous forme de deutéroalbumose A, de l'ensemble des protéoses, de tous les composés non précipités par le sulfate de zinc ne subissent pas de variations bien marquées.

Les solutions des substances précipitées sur les ultrafiltres (1) renferment, dans les deux expériences II et III, plus de la moitié de leur azote sous forme du premier groupe de protéoses (hétéroalbumose et protoalbumose), le quart ou à peu près sous forme de deutéroalbumose A, le cinquième ou à peu près sous forme de composés non précipités par le sulfate de zinc. On ne parvient pas à y déceler la moindre trace soit de deutéroalbumose B, soit de deutéroalbumose C.

La proportion d'azote sous forme de protoalbumose et d'hétéroalbumose et celle sous forme de deutéroalbumose A sont beaucoup plus considérables dans les solutions des substances précipitées sur les ultrafiltres que dans la peptone de Witte et dans les filtrats obtenus après passage sur l'ultrafiltre. Par contre, les modifications subies par les proportions d'azote sous forme soit de l'ensemble des protéoses, soit des autres dérivés des protéines, ne sont pas bien importantes par rapport à la composition de la peptone de Witte ou des filtrats.

Les liquides provenant de la macération des fragments d'ultrafiltres 6 dans l'eau distillée, puis dans la solution de chlorure de sodium à 6 °/₀₀, renferment des traces de protéoses des deux premiers groupes de Pick (protoalbumose et hétéroalbumose, deutéroalbumose A) (¹). On n'y constate pas la présence des deutéroalbumoses B et C.

---

(1) Peut-être certaines portions des protéoses des deux premiers groupes de Pick ont-elles été adsorbées par les ultrafiltres 6 et ensuite reprises lors du traitement de ces derniers par l'eau distillée et par la solution à 6 °/₀₀ de chlorure de sodium. Il n'y a pas moyen d'établir de distinction entre ces portions adsorbées et celles précipitées sur les ultrafiltres.

On est ainsi amené à admettre une adsorption par les ultrafiltres 6 d'une partie de la deutéroalbumose C dans l'expérience III, d'une partie des deutéroalbumoses B et C dans l'expérience II. Ni l'eau distillée ni la solution à 6 °/₀₀ de chlorure de sodium ne sont parvenues à reprendre aux ultrafiltres ces protéoses adsorbées.

On a déjà observé de nombreux exemples de faits analogues avec des membranes de collodion. Slosse et Limbosch (²) en ont signalé au cours de leurs études sur l'adsorption des ferments digestifs par le collodion.

Gaucher (³) n'est pas parvenu à extraire par des dissolvants appropriés la tétanospasmine fixée par des ultrafiltres. Cet auteur admet que l'adsorption d'une substance par le collodion peut en modifier complètement la nature.

D'après Gaucher, le pouvoir adsorbant des membranes de collodion varie beaucoup pour des substances de composition pourtant voisine en apparence. Mes expériences viennent à l'appui de cette manière de voir, puisqu'il semble en résulter que l'ultrafiltre 6 n'adsorbe aucune portion des deux premiers groupes de protéoses de Pick ou bien les adsorbe avec une énergie moindre, s'il est permis de s'exprimer ainsi, que les portions des deutéroalbumoses B et C dont il s'empare.

(¹) Ces traces de protéoses des deux premiers groupes de Pick proviennent soit de portions de la solution des substances précipitées sur l'ultrafiltre, retenues mécaniquement en quelque sorte dans les pores de l'ultrafiltre avant sa séparation en menus fragments et son traitement consécutif par l'eau distillée, puis par la solution de chlorure de sodium à 6 °/₀₀, soit de protéoses adsorbées par l'ultrafiltre, puis reprises par l'un des deux dissolvants employés.

(²) A. Slosse et H. Limbosch, Études sur l'adsorption des ferments digestifs par le collodion. (*Arch. intern. de physiol.*, 1909, t. VIII, pp. 417-431.) — Note sur l'adsorption des ferments digestifs par le collodion. (*Bull. de la Soc. roy. des sciences méd. et nat. de Bruxelles*, 1909, t. LXVIII, pp. 132-136.)

(³) L. Gaucher, Sur l'ultrafiltration au collodion (*Bull. des sciences pharmacol.*, 1912, t. XIX, pp. 129-145.)

IV. — CONCLUSIONS ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans l'ensemble, la composition des filtrats obtenus en partant de solutions de peptone de Witte identiques, soumises, dans les mêmes conditions, à la filtration à travers deux ultrafiltres aussi semblables que possible, n'est nullement identique au bout des deux expériences. De plus, elle subit des modifications assez notables au cours même de chaque expérience. Ces variations ont toujours lieu dans le même sens, mais elles peuvent néanmoins s'accuser davantage à un moment donné (seconde partie de l'expérience II) et empêcher alors le passage à travers l'ultrafiltre de certaines protéoses (une partie de la deutéroalbumose B) qui passent d'ordinaire complètement à travers cet ultrafiltre.

Ces résultats méritent d'attirer l'attention.

De nombreux auteurs, parmi lesquels je me bornerai à citer Malfitano (1), Bechhold (2), Biltz et von Vegesack (3), Zsigmondy (4), Schoep (5), Gaucher (6), ont montré que la perméabilité des membranes de collodion pour une solution donnée varie assez selon toute une série de circonstances : mode de fabrication des membranes, température et pression auxquelles on opère l'ultrafiltration, etc. Malgré les précautions prises pour éviter ces causes d'erreur, peut-être certaines d'entre elles sont-elles intervenues dans les expériences II et III.

---

(1) G. MALFITANO, Ueber den kolloïdalen Zustand. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Eisenhydroxydchloridkolloïde und ihre Forschung mittels der Ultrafiltration. (*Zeitschr. für physikal. Chem.*, 1909, t. LXVIII, pp. 232-253.)

(2) H. BECHHOLD, *loc. cit.* — Kolloïdstudien und Filtrationsmethode. (*Zeitschr. für physikal. Chem.*, 1907, t. LX, pp. 257-318.) — Durchlässigkeit von Ultrafiltern. (*Ibid.*, 1908, t. LXIV, pp. 328-342.)

(3) W. BILTZ und A. V. VEGESACK, Ueber den osmotischen Druck der Kolloïde, II. Mitteilung. Der osmotische Druck einiger Farbstofflösungen. (*Zeitschr. für physikal. Chem.*, 1910, t. LXXIII, pp. 481-512.)

(4) R. ZSIGMONDY und R. HEYER, Ueber die Reinigung von Kolloïden durch Dialyse. (*Zeitschr. für anorgan. Chem.*, 1910, t. LXVIII, pp. 169-187.) — Ueber einen neuen Dialysator. (*Zeitschr. für Chem. und Ind. der Kolloïde*, 1911, t. VIII, pp. 123-126.) — R. ZSIGMONDY, E. WILKE-DÖRFURT und A. V. GALECKI, Anwendung der Ultrafiltration in der analytischen Chemie. (*Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 1912, t. XLV, pp. 579-582.)

(5) A. SCHOEP, Ueber ein neues Ultrafilter. (*Zeitschr. für Chem. und Ind. der Kolloïde*, 1911, t. VIII, pp. 80-87.)

(6) L. GAUCHER, *loc. cit.*

Duclaux (¹) et Burian (²) ont établi que de trop fortes pressions rendent inexacte la composition des ultrafiltrats, qu'on ne peut plus alors considérer comme le liquide intermicellaire séparé des micelles colloïdaux. Cependant, lorsque la filtration s'opère lentement, il se produit un équilibre de diffusion qui compense plus ou moins l'effet d'une pression trop considérable sur le liquide intermicellaire resté sur le filtre.

Or, j'ai opéré à une pression pas fort élevée (4 atmosphères), et la filtration s'est effectuée lentement. Il n'est donc guère probable que les facteurs mis en lumière par les belles recherches de Duclaux et de Burian aient joué de rôle bien considérable au cours des expériences II et III. La détermination, malheureusement non effectuée, des divers caractères physico-chimiques (pression osmotique, tension superficielle, viscosité, indice de réfraction, etc.) des solutions de peptone de Witte et des filtrats en provenant, aurait sans doute donné des éléments d'appréciation à cet égard.

Un facteur plus important, sur lequel Bechhold a appelé l'attention, doit entrer en ligne de compte dans l'explication des faits signalés plus haut. Les molécules ou les micelles dépassant la grandeur des pores de l'ultrafiltre sont peu à peu retenus par l'ultrafiltre (précipités ou adsorbés). D'autre part, ces molécules ou ces micelles s'accumulent de plus en plus dans le liquide

---

(¹) J. Duclaux, Die filtration kolloïder Lösungen. (*Zeitschr. für Chem. und Ind. der Kolloïde,* 1908, t. III, pp. 126-134.)

(²) R. Burian, Ueber Ultrafiltration von Eiweiss-Salz-Gemischen. (*Archiv d. Physiol.*, 1909, t. VII, pp. 421-426.)

situé au-dessus de l'ultrafiltre et qui n'a pas encore subi l'ultrafiltration. Les pores de l'ultrafiltre deviennent de plus en plus petits, et des molécules ou des micelles de moindres dimensions peuvent désormais être retenus. L'agitation continuelle du liquide soumis à l'ultrafiltration, proposée par Bechhold pour remédier à cet inconvénient, n'y réussit pas toujours dans le cas de solutions aussi complexes que celles de peptone de Witte.

La grandeur moléculaire ou micellaire n'est, du reste, pas le seul élément dont dépende le passage à travers un ultrafiltre. La constitution moléculaire intervient aussi (1).

Les considérations précédentes ne suffisent pas à expliquer comment une partie de la deutéroalbumose B a été adsorbée par l'ultrafiltre 6 dans la seconde moitié de l'expérience II, alors que ce groupe de protéoses tout entier a passé à travers les pores de cet ultrafiltre pendant la première moitié de l'expérience II, pendant toute la durée de l'expérience III et des deux expériences effectuées antérieurement au moyen d'ultrafiltres imprégnés d'une solution de collodion de même concentration (6 °/₀).

Un examen approfondi des divers points signalés ci-dessus relatifs à l'ultrafiltration exigerait de multiples expériences de contrôle.

Mes quelques recherches, entreprises dans un tout autre but, ne plaident guère en faveur de l'emploi des ultrafiltres au collodion à la séparation graduelle des divers groupes de protéoses renfermés dans les solutions de peptone de Witte. En d'autres termes, on ne parvient pas à séparer les uns des autres, en se servant successivement d'ultrafiltres à pores de plus en plus petits, les quatre groupes de protéoses établis par Pick et par moi-même grâce à la précipitation fractionnée au moyen des sulfates d'ammoniaque ou de zinc : anciennes albumoses primaires de Kühne (hétéroalbumose et protoalbumose, deutéroalbumose A, deutéroalbumose B, deutéroalbumose C). L'ultrafiltration provoque par contre une dissociation de chacun de ces groupes de protéoses en plusieurs fractions. On constate, en outre, que, dans ces divers groupes, les protéoses, dont l'azote aminé aliphatique est décelable par la méthode de Van Slyke, passent entièrement à travers l'ultrafiltre 6. Les phénomènes d'adsorption et les modifications de la composition du filtrat au cours de l'ultrafiltration ne permettent néanmoins pas d'arriver à des résultats constants. On ne doit guère s'en étonner lorsqu'on se rappelle avec quelle facilité se font et se défont maints complexes colloïdaux.

---

(1) W. Biltz, Ueber die Dialysierbarkeit der Farbstoffe, nach Versuche von F. Pfenning. (*Gedenkboek voor Van Bemmelen*, 1910, 13 pages.)

Sans que je puisse pour le moment me prononcer déjà de façon définitive à cet égard, l'ultrafiltration selon la technique proposée par Bechhold paraît rendre de grands services dans la séparation en leurs constituants des protéoses isolées selon la méthode de Pick (hétéroalbumose, protoalbumose, synalbumose, thioalbumose).

Je compte, d'ailleurs, revenir ultérieurement sur cette question.

MÉCANIQUE. — **L'aéroplane dans un vent périodique,**

par JULIEN PACOTTE, docteur en sciences physiques et mathématiques.

La discussion de la stabilité d'un aéroplane occupe une place intermédiaire entre l'étude du mouvement permanent et la théorie qui va nous occuper. L'aéroplane écarté de son mouvement permanent par une cause passagère revient-il à son état primitif lorsque cette cause a cessé ? Tel est le problème de la stabilité. L'attention se porte donc sur la phase consécutive aux troubles atmosphériques. Ici, au contraire, on examine franchement la phase même où se manifeste l'action perturbatrice. Si une telle matière a déjà fait l'objet de quelque travail, nous en ignorons l'existence.

1. *Mise au point du problème.* — Dans le cas le plus général, les projections u, v, w de la vitesse du fluide sur un système d'axes (X, Y, Z) d'origine et d'orientation fixes sont des fonctions

$$U(X, Y, Z, t), \quad V(X, Y, Z, t), \quad W(X, Y, Z, t)$$

du point et du temps.

Pour éviter des difficultés considérables, il est nécessaire de supposer très petites les dérivées partielles

$$\frac{\partial U}{\partial X}, \frac{\partial U}{\partial Y}, \frac{\partial U}{\partial Z}; \frac{\partial V}{\partial X}, \dots; \frac{\partial W}{\partial X}, \dots$$

relatives au point. Soit alors s une sphère idéale sensiblement plus grande que l'appareil envisagé. On peut, en première approximation, assimiler la vitesse de l'air en tout point intérieur à la vitesse au centre de s. La masse momentanément contenue dans s peut donc être envisagée comme un solide de repère.

Il faut bien observer que les fonctions données u, v, w

représentent la loi des mouvements aériens non troublés par les évolutions. Imaginons alors l'aéroplane au milieu de la sphère s. On doit supposer que les remous, sauf le sillage, ne s'étendent pas sensiblement au delà de s et que l'aéroplane ne traverse pas son propre sillage.

Lorsque les dérivées

$$\frac{dU}{dt}=\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial U}{\partial X}\frac{dX}{dt}+\frac{\partial U}{\partial Y}\frac{dY}{dt}+\frac{\partial U}{\partial Z}\frac{dZ}{dt},\quad \frac{dV}{dt}=\dots,\quad \frac{dW}{dt}=\dots$$

sont très petites, on peut toujours supposer les axes (X, Y, Z) choisis de telle façon que la vitesse $(u,\ v,\ w)$ reste elle-même très petite. Les termes dépendant de l'agitation de l'air étant supposés tels, les équations obtenues en négligeant les puissances et produits mutuels des écarts à partir d'un état de permanence nous renseigneront sur l'allure générale des phénomènes.

On n'examinera ici que le cas remarquable où le régime normal est troublé par un vent debout horizontal dont la vitesse au point où se trouve l'appareil à chaque instant est une fonction périodique du temps.

2. *Équations du mouvement.* — La trajectoire se dessine dans un plan vertical : le plan de symétrie de l'appareil. Il y a avantage, dans la théorie qui nous occupe, à projeter les vecteurs, non sur des axes solidaires de l'appareil, mais sur la tangente et la normale à la trajectoire du centre de gravité dans le mouvement relatif au fluide. La tangente Ox sera dirigée vers l'avant et la normale Oy vers le haut.

Nous désignerons par M la masse de l'appareil, par C le moment d'inertie pour les rotations autour du centre de gravité o, et par F_x, F_y, G la traînée prise en signe contraire, la poussée et le couple central dépendant des réactions de l'air sur l'hélice, l'esquif et les voilures.

Le mouvement relatif de l'appareil par rapport à l'air est caractérisé par la vitesse relative v du centre de gravité, l'angle d'attaque α et la pente Θ. v et α sont essentiellement positifs, Θ est positif ou négatif selon que le centre de gravité monte ou descend.

L'accélération absolue du centre de gravité est la résultante de son accélération relative

$$\left(\frac{dV}{dt}, \quad V\frac{d\Theta}{dt}\right),$$

de son accélération d'entraînement J

$$(\mathrm{J}\cos\Theta, \quad -\mathrm{J}\sin\Theta)$$

et de l'accélération complémentaire. Cette dernière est nulle dans le cas présent, puisque le système défini par l'air n'a pas de rotation.

Le mouvement du centre de gravité est donc défini par les équations

$$\mathrm{M}\left(\frac{dV}{dt} + \mathrm{J}\cos\Theta\right) = \mathrm{F}_x - \mathrm{M}g\sin\Theta,$$

$$\mathrm{M}\left(V\frac{d\Theta}{dt} - \mathrm{J}\sin\Theta\right) = \mathrm{F}_y - \mathrm{M}g\cos\Theta.$$

Désignons par Mh la traction de l'hélice, par K et k des paramètres dépendant de l'esquif et de la voilure sustentatrice. La réaction de l'air sur la voilure est, pour les angles d'attaque usités, sensiblement proportionnelle à cet angle. Les projections de cette réaction sur les axes (O, x, y) sont donc sensiblement

$$k\mathrm{V}^2\alpha^2, \quad k\mathrm{V}^2\alpha,$$

et l'on a

$$\mathrm{F}_x = \mathrm{M}h - \mathrm{K}\mathrm{V}^2 - k\mathrm{V}^2\alpha^2, \quad \mathrm{F}_y = k\mathrm{V}^2\alpha.$$

La caractéristique α_0 du régime ne dépend, pour un appareil déterminé, que de la position du gouvernail de profondeur; α_0 est une donnée. Quant aux caractéristiques v_0 et Θ_0, elles satisfont aux équations

$$\mathrm{F}_{x_0} - \mathrm{M}g\sin\Theta_0 = 0, \quad \mathrm{F}_{y_0} - \mathrm{M}g\cos\Theta_0 = 0.$$

Soustrayons ces égalités des équations du mouvement perturbé, posons

$$v = V - V_0, \quad a = \alpha - \alpha_0, \quad \theta = \Theta - \Theta_0,$$

et négligeons les puissances et produits de ces variations. Il vient, en remarquant que S est très petit,

$$M\left(\frac{dv}{dt} + J \cos \Theta_0\right) = \delta F_{x_0} - Mg(\cos \Theta_0)\theta,$$

$$M\left(V_0 \frac{d\theta}{dt} - J \sin \Theta_0\right) = \delta F_{y_0} + Mg(\sin \Theta_0)\theta.$$

Or

$$\delta F_x = -2(KV_0 + kV_0\alpha_0^2)v - 2kV_0^2\alpha_0 a,$$

$$\delta F_y = kV_0^2\alpha_0\left(2\frac{v}{V_0} + \frac{a}{\alpha_0}\right),$$

ou

$$\delta F_x = -2\frac{Mh - Mg \sin \Theta_0}{V_0} v - 2Mg \cos \Theta_0 a,$$

$$\delta F_y = Mg \cos \Theta_0\left(2\frac{v}{V_0} + \frac{a}{\alpha_0}\right).$$

Les équations deviennent donc

$$\frac{dv}{dt} + 2\frac{h - g \sin \Theta_0}{V_0} v + 2g \cos \Theta_0 a + g \cos \Theta_0 \theta = -J \cos \Theta_0,$$

$$-\frac{d\theta}{dt} + 2\frac{g \cos \Theta_0}{V_0^2} v + \frac{g \cos \Theta_0}{V_0\alpha_0} a + \frac{g \sin \Theta_0}{V_0} \theta = -J \sin \Theta_0;$$

il faut ajouter à ces équations la relation

$$C\frac{d^2(a + \theta)}{dt^2} = G = -C_1\frac{d}{dt}(a + \theta) - C_2 a,$$

où C_1 est essentiellement positif et C_2 toujours positif, si, comme nous le supposons, l'aéroplane est bien construit (*).

(*) Voir G. de Bothezat, *Étude sur la stabilité de l'aéroplane,* §§ 13 et 41 (formule 63).

Nous ne nous écarterons pas de la pratique en supposant que l'angle Θ_0 est assez petit pour qu'on puisse le considérer comme une quantité de l'ordre des variations. On voit alors Θ_0 disparaître des équations : celles-ci sont, en définitive,

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{dv}{dt} + 2\frac{h}{V_0} v + 2ga + g\theta = -J, \\ &-\frac{d\theta}{dt} + 2\frac{g}{V_0^2} v + \frac{g}{V_0\alpha_0} a = 0, \\ &C\frac{d^2}{dt^2}(a+\theta) + C_1\frac{d}{dt}(a+\theta) + C_2 a = 0. \end{aligned}\right.$$

3. *Intégration.* — Soit τ et $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$ la période et la pulsation du vent. Développons la vitesse de l'air en série trigonométrique et dérivons : nous aurons une expression telle que

$$-J = \sum_m (-J_m) = \sum_m (A_m \sin m\omega t + B_m \cos m\omega t),$$

où le terme constant de la série fait défaut. On sait que ce terme vaut la moyenne infinitésimale de la fonction. Ainsi la moyenne infinitésimale de l'accélération d'un vent périodique est nulle.

L'intégrale générale du système proposé s'obtient, comme il est bien connu, en ajoutant à l'intégrale générale du système dépourvu de second membre une intégrale particulière du système complet.

L'intégration des équations du mouvement dépend du déterminant caractéristique

$$f(D) = \begin{vmatrix} D + \frac{2h}{V_0} & 2g & g \\ \frac{2g}{V_0^2} & \frac{g}{V_0\alpha_0} & -D \\ 0 & CD^2 + C_1D + C_2 & CD^2 + C_1D \end{vmatrix}$$

dont les mineurs relatifs à la première ligne sont respectivement

$$\varphi_1(D) = \frac{g}{V_0\alpha_0}(CD^2 + C_1D) + D(CD^2 + C_1D + C_2),$$

$$\varphi_2(D) = -\frac{2g}{V_1^2}(CD^2 + C_1D),$$

$$\varphi_3(D) = \frac{2g}{V_0^2}(CD^2 + C_1D + C_2).$$

Nous allons déterminer une intégrale particulière en supposant que l'on a

$$-J = l \sin \omega t.$$

On élimine a et θ en multipliant respectivement les trois équations du mouvement par les mineurs de la première colonne et ajoutant :

$$f(D)v = \varphi_1(D) l \sin \omega t;$$

on trouve de même

$$f(D)a = \varphi_2(D) l \sin \omega t;$$
$$f(D)\theta = \varphi_3(D) l \sin \omega t.$$

L'intégration peut s'opérer comme suit. En exprimant les sinus par des exponentielles, on a

$$f(D)v = \frac{l}{2i}\left[\varphi_1(D)e^{\omega it} - \varphi_1(D)e^{-\omega it}\right]$$

ou

$$f(D)v = \frac{l}{2i}\left[e^{\omega it}\varphi_1(\omega i) - e^{-\omega it}\varphi_1(-\omega i)\right],$$

équation dont l'intégration se ramène à celle des équations

$$f(D)x = \frac{l}{2i}e^{\omega it}\varphi_1(\omega i),$$

$$f(D)y = -\frac{l}{2i}e^{-\omega it}\varphi_1(-\omega i).$$

Intégrons la première. Posons

$$x = x' e^{\omega i t},$$

il vient

$$f(\mathrm{D} + \omega i) x' = \frac{l}{2i} \varphi(\omega i),$$

d'où l'intégrale particulière

$$x' = \frac{l}{2i} \frac{\varphi_1(\omega i)}{f(\omega i)},$$

d'où

$$x = \frac{l}{2i} e^{\omega i t} \frac{\varphi_1(\omega i)}{f(\omega i)}.$$

L'application de ce procédé conduit aux intégrales particulières suivantes :

$$v = \frac{l}{2i} \left[e^{\omega i t} \frac{\varphi_1(\omega i)}{f(\omega i)} - e^{-\omega i t} \frac{\varphi_1(-\omega i)}{f(-\omega i)} \right],$$

$$a = \frac{l}{2i} \left[e^{\omega i t} \frac{\varphi_2(\omega i)}{f(\omega i)} - e^{-\omega i t} \frac{\varphi_2(-\omega i)}{f(-\omega i)} \right],$$

$$\theta = \frac{l}{2i} \left[e^{\omega i t} \frac{\varphi_3(\omega i)}{f(\omega i)} - e^{-\omega i t} \frac{\varphi_3(-\omega i)}{f(-\omega i)} \right].$$

On vérifie d'ailleurs directement qu'elles satisfont aussi aux équations du système proposé.

Ces intégrales peuvent se mettre sous la forme

$$\mathrm{A} \sin \omega t + \mathrm{B} \cos \omega t,$$

ou encore

$$\alpha \sin (\omega t - \varepsilon),$$

A, B, α, ε étant des constantes connues. Ce sont donc des sinusoïdes décalées sur la sinusoïde perturbatrice. Elles fourniront la seule solution périodique des équations si $f(\mathrm{D})$ n'a pas de racine purement imaginaire.

4. *Cas particulier.* — L'intégration précédente suppose $f(\omega i)$ différent de zéro. S'il en était autrement, l'aéroplane serait instable : l'équation $f(\mathrm{D}) = 0$ admettant des racines imaginaires conjuguées à partie réelle nulle, l'appareil en air calme, une fois écarté de son mouvement de régime, présenterait une oscillation non amortie (*).

L'intégration des équations telles que

$$f(\mathrm{D})x = \frac{l}{2i} e^{\omega i t} \varphi_1(\omega i)$$

peut encore s'effectuer en partant de l'équation transformée

$$f(\mathrm{D} + \omega i)x' = \frac{l}{2i} \varphi_1(\omega i),$$

mais cette équation peut maintenant s'écrire en désignant par F (D) le polynome

$$\mathrm{F}(\mathrm{D}) = \frac{f(\mathrm{D} + \omega i)}{\mathrm{D}},$$

$$\mathrm{F}(\mathrm{D}) \,.\, \mathrm{D}x' = \frac{l}{2i} \varphi_1(\omega i),$$

d'où l'intégrale particulière

$$x' = \frac{l}{2i} \frac{\varphi_1(\omega i)}{\mathrm{F}(0)} t$$

et

$$x = \frac{l}{2i} e^{\omega i t} \frac{\varphi_1(\omega i)}{\mathrm{F}(0)} t.$$

Ainsi, *lorsque le vent est accordé avec l'appareil* [$f(\omega i) = 0$], *l'amplitude des perturbations croît proportionnellement au temps.* Il faut bien noter cependant que ce résultat, comme tous ceux que nous déduisons des équations linéaires, n'est valable qu'au voisinage du régime.

(*) Voir nos *Recherches sur la stabilité de l'aéroplane.* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique [Classe des sciences], avril 1912.)

5. *Addition des petits mouvements.* — Nous avons vu que dans le cas général, à une sinusoïde perturbatrice

$$-\mathrm{J} = l \sin \omega t,$$

correspondaient les intégrales sinusoïdales avec décalage. Si la sinusoïde perturbatrice avait elle-même un décalage absolu, le phénomène ne changeant pas, il est évident que les intégrales resteraient sinusoïdales avec le même décalage relatif.

Si la fonction perturbatrice est simplement périodique, elle se compose d'une suite de sinusoïdes décalées, et *la partie périodique de v, a ou θ est la somme des termes périodiques qui résulteraient de l'action isolée des différents termes de* J. (On suppose que $f(\mathrm{D})$ n'a pas de racine purement imaginaire.)

Nous connaissons donc une intégrale particulière jouissant du caractère périodique. Nous pouvons dans chaque cas déterminé, correspondant à des valeurs initiales connues, exprimer l'intégrale par une somme de deux termes : l'un périodique, constituant la *perturbation proprement dite*, l'autre en général non périodique, où n'interviennent pas les caractéristiques de la fonction perturbatrice.

Quand l'aéroplane est stable, ce second terme est évanouissant. On voit donc que *la stabilité, c'est-à-dire la qualité grâce à laquelle un appareil revient à son régime quand les troubles atmosphériques ont cessé, assure aussi, pendant ces troubles, l'extinction d'une partie des variations.*

Nous supposerons l'appareil stable et le mouvement de retour sensiblement éteint. Il ne nous reste alors que la perturbation proprement dite.

6. *Addition des travaux harmoniques.* — Il suffit de mettre la première équation du mouvement sous la forme

$$\mathrm{M}\frac{dv}{dt} = -2\frac{\mathrm{M}h}{\mathrm{V}_0}v - 2\mathrm{M}ga - \mathrm{M}g\theta - \mathrm{MJ},$$

pour voir clairement que le mouvement est le même que si l'air était *absolument* fixe et l'aéroplane sollicité par une force additionnelle — MJ.

Conformément à cette vue, on appellera respectivement *réaction d'inertie* et *force perturbatrice* les expressions

$$\mathrm{M}\frac{dv}{dt}, \quad -\mathrm{MJ};$$

si de plus on appelle respectivement premier, second compléments de la trainée et effet de la pesanteur les expressions

$$2\frac{\mathrm{M}h}{\mathrm{V}_0}v, \quad 2\mathrm{M}g\alpha, \quad \mathrm{M}g\theta,$$

on peut dire que *la force perturbatrice équilibre, outre les deux compléments de la traînée, l'effet de la pesanteur et la réaction d'inertie.*

Toutes ces forces sont de la forme

$$\sum \alpha_{i,m} \sin(m\omega t - \varepsilon_{i,m}).$$

comme elles sont tangentes à la trajectoire, le travail par période de chacune d'elles est représenté par

$$\mathrm{H}_i = \sum_m \alpha_{i,m} \int_0^\tau \mathrm{V} \sin(m\omega t - \varepsilon_{i,m})dt,$$

ou, en écrivant

$$\mathrm{V} = \mathrm{V}_0 + v = \mathrm{V}_0 + \sum_m \alpha_{v,n} \sin(n\omega t - \varepsilon_{v,n}),$$

$$\mathrm{H}_i = \mathrm{V}_0 \sum \alpha_{i,m} \int_0^\tau \sin(m\omega t - \varepsilon_{i,m})dt$$

$$+ \sum_n \sum_m \alpha_{v,n}\alpha_{i,m} \int_0^\tau \sin(n\omega t - \varepsilon_{v,n}) \sin(m\omega t - \varepsilon_{i,m})dt.$$

La première partie étant nulle ainsi que les expressions $(m \neq n)$

$$\int_0^\tau \sin m\omega t \cos n\omega t \, dt, \quad \int_0^\tau \sin m\omega t \cos n\omega t \, dt, \quad \int_0^\tau \cos m\omega t \cos n\omega t \, dt,$$

il reste

$$H_i = \sum_m \alpha_{v,m}\alpha_{i,m} \int_0^\tau \sin(m\omega t - \varepsilon_{v,m}) \sin(m\omega t - \varepsilon_{i,m}) dt;$$

d'où la proposition suivante :

Lorsqu'on décompose la force perturbatrice en ses harmoniques (le terme fondamental même étant considéré comme le premier harmonique), le travail total par période de la force perturbatrice ou d'une quelconque des forces qui lui font équilibre est égal à la somme des travaux des forces composantes *agissant respectivement dans le mouvement sinusoïdal correspondant*.

Conformément à ce principe, on peut étudier isolément les perturbations simplement sinusoïdales : c'est ce que nous ferons désormais.

Il est utile de remarquer que si l'on pose

$$-J = A \sin \omega t + B \cos \omega t,$$

et, de même,

$$v = A_v \sin \omega t + B_v \cos \omega t, \quad \theta = A_\theta \sin \omega t + B_\theta \cos \omega t, \quad \text{etc.},$$

on a

$$H_i = \int_0^\tau (A_v \sin \omega t + B_v \cos \omega t)(A_i \sin \omega t + B_i \cos \omega t) dt$$

$$= \frac{\tau}{2}(A_v A_i + B_v B_i).$$

En adoptant la notation

$$-J = \alpha \sin(\omega t - \varepsilon),$$

on a

$$H_i = \alpha_v \alpha_i \int_0^\tau \sin(\omega t - \varepsilon_v) \sin(\omega t - \varepsilon_i) dt = \frac{\tau}{2} \alpha_v \alpha_i \cos(\varepsilon_i - \varepsilon_v),$$

ou, si l'on désigne par φ le décalage mutuel de la force et de la vitesse,

$$H_i = \frac{\tau}{2} \alpha_v \alpha_i \cos \varphi.$$

De cette formule on peut, par exemple, conclure que le travail par période de la réaction d'inertie est nul $\left(v \text{ et } \frac{dv}{dt} \text{ décalés de } \frac{\pi}{2}\right)$.

7. *Calcul des travaux.* — Il s'agit ici du travail relatif des forces

$$M \frac{dv}{dt}, \quad 2 \frac{Mh}{V_0} v, \quad 2Mga, \quad Mg\theta,$$

toutes comptées positivement en sens inverse de la marche. Les expressions imaginaires des perturbations conduisent, eu égard à la périodicité des exponentielles imaginaires, aux valeurs suivantes :

$$-M \int_0^\tau \frac{dv}{dt} v dt = 0,$$

$$-2 \frac{Mh}{V_0} \int_0^\tau v^2 dt = -2 \frac{Mh}{V_0} \tau \frac{l^2}{4} \frac{|\varphi_1(\omega i)|^2 + |\varphi_1(-\omega i)|^2}{|f(\omega i)|^2},$$

$$-2Mg \int_0^\tau a v dt = -2Mg\, \tau \frac{l^2}{4} \frac{\varphi_1(\omega i)\varphi_2(-\omega i) + \varphi_1(-\omega i)\varphi_2(\omega i)}{|f(\omega i)|^2},$$

$$-Mg \int_0^\tau \theta v dt = -Mg\, \tau \frac{l^2}{4} \frac{\varphi_1(\omega i)\varphi_3(-\omega i) + \varphi_1(-\omega i)\varphi_3(\omega i)}{|f(\omega i)|^2},$$

dont le caractère réel est évident et qui sont très propres au calcul.

Comme nous devrons discuter le signe de ces travaux, nous donnons ici le développement des fonctions φ :

$$\varphi_1(\omega i) = -\frac{g}{V_0\alpha_0}C\omega^2 - C_1\omega^2 + i\left(-C\omega^3 + \frac{g}{V_0\alpha_0}C_1\omega + C_2\omega\right),$$

$$\varphi_2(\omega i) = 2\frac{g}{V_0^2}C\omega^2 + i\left(-2\frac{g}{V_0^2}C_1\omega\right),$$

$$\varphi_3(\omega i) = -2\frac{g}{V_0^2}C\omega^2 + 2\frac{g}{V_0^2}C_2 + i\left(2\frac{g}{V_0^2}C_1\omega\right) = -\varphi_2(\omega i) + \frac{2g}{V_0^2}C_2.$$

8. *Analogies électromagnétiques.* — Examinons le cas spécial où l'angle d'attaque reste constant. La condition nécessaire et suffisante pour qu'une force perturbatrice quelconque laisse l'attaque invariable est évidemment que les coefficients C et C_1 soient négligeables vis-à-vis de C_2. L'équation

$$C\frac{d^2}{dt^2}(a+\theta) + C_1\frac{d}{dt}(a+\theta) + C_2 a = 0$$

se réduit alors à $C_2 a = 0$ et laisse θ quelconque.

Dans l'hypothèse d'une force perturbatrice périodique, on a, pour déterminer v et θ, le système

$$\frac{dv}{dt} + 2\frac{h}{V_0}v + g\theta = l\sin\omega t,$$

$$-\frac{d\theta}{dt} + 2\frac{g}{V_0^2}v = 0.$$

Analysons minutieusement le phénomène. Si la force perturbatrice n'avait à vaincre que le complément de la traînée, on aurait simplement

$$v = \frac{l}{2\dfrac{h}{V_0}}\sin\omega t = R_0\sin\omega t$$

et la vitesse ne serait pas décalée sur la force perturbatrice.

Introduisons successivement et séparément les termes $\frac{du}{dt}$ et $g\theta$. La réaction d'inertie donne lieu à l'équation

$$\frac{dv}{dt} + 2\frac{h}{V}v = l\sin\omega t,$$

dont on trouve l'intégrale particulière périodique en posant

$$v = R_1\sin\omega t + S_1\cos\omega t,$$

et en identifiant. On a ainsi

$$2\frac{h}{V_0}R_1 - \omega S_1 = l, \quad \omega R_1 + 2\frac{h}{V_0}S_1 = 0,$$

d'où

$$R_1 = \frac{2\frac{h}{V_0}l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \omega^2}, \quad S_1 = \frac{-\omega l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \omega^2}.$$

Le décalage de la vitesse ayant ses cosinus et sinus positifs, *la réaction d'inertie produit dans la vitesse v un retard compris dans l'intervalle $\left(0, \frac{\pi}{2}\right)$. L'amplitude est d'ailleurs inférieure à sa valeur primitive* R_0.

On a d'autre part, en introduisant l'effet de la pesanteur,

$$2\frac{h}{V_0}v + g\theta = l\sin\omega t, \quad -\frac{d\theta}{dt} + 2\frac{g}{V_0^2}v = 0,$$

d'où

$$2\frac{h}{V_0}\frac{dv}{dt} + 2\frac{g^2}{V_0^2}v = \omega l\cos\omega t,$$

équation qui mène aux coefficients

$$R_2 = \frac{2\frac{h}{V_0}l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2}\right)^2}, \quad S_2 = \frac{\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2}l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2}\right)^2}.$$

L'effet de la pesanteur produit donc dans la vitesse v une avance comprise dans l'intervalle $\left(0,\ \frac{\pi}{2}\right)$ *et une réduction de l'amplitude.*

Les effets de l'inertie et de la pesanteur sont identiques, sauf le sens des décalages, lorsqu'on a

$$\omega^2 = 2\frac{g^2}{V_0^2} = \Omega^2,$$

donc

$$\tau = \frac{2\pi}{\Omega} = \sqrt{2}\,\pi\frac{V_0}{g} = 0{,}45\ldots V_0.$$

En faisant agir simultanément les deux effets antagonistes, on a l'équation

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{h}{V_0}\frac{dv}{dt} + 2\frac{g^2}{V_0^2}v = \omega l \cos \omega t,$$

et les coefficients

$$R_3 = \frac{2\frac{h}{V_0}l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2} - \omega\right)}, \quad S_3 = \frac{\left(\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2} - \omega\right)l}{\left(2\frac{h}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{1}{\omega}\cdot 2\frac{g^2}{V_0^2} - \omega\right)^2}.$$

Ainsi, *lorsque l'angle d'attaque est constant, le décalage de la vitesse reste compris dans l'intervalle* $\left(-\frac{\pi}{2},\ +\frac{\pi}{2}\right)$ *et il y a avance ou retard suivant que l'on a*

$$\tau \gtrless T = 0{,}45\ldots V_0\,;$$

lorsqu'on a $\tau = T$, *le phénomène est absolument le même que si la réaction d'inertie et l'effet de la pesanteur étaient nuls.* On peut exprimer ce dernier fait en disant qu'il y a *résonance* entre les effets de l'inertie et de la pesanteur.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que *si l'effort de pénétration était négligeable* ($h = 0$), *la période* T *réaliserait l'accord entre l'aéroplane et le vent.*

En effet, l'équation du mouvement

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{g^2}{V_0^2} v = 0$$

a pour équation caractéristique

$$D^2 + 2\frac{g^2}{V_0^2} = 0$$

dont les racines sont $\pm i\Omega$.

Remarquons enfin que, *dans le cas d'une attaque invariable, l'appareil ne peut subir une ascension définitive au-dessus de sa trajectoire de régime sous l'influence d'une oscillation périodique du vent et que, par conséquent, le travail par période de la force perturbatrice est entièrement absorbé par le complément de la traînée.*

La seconde équation du mouvement montre en effet que le décalage relatif de v et θ vaut $\frac{\pi}{2}$.

On ne peut constater tous ces phénomènes sans être frappé par leur analogie avec certains faits électromagnétiques. *L'aéroplane à attaque constante fournit une image parfaite de la propagation des courants alternatifs dans un circuit présentant une self-induction et une capacité. L'analogie ne porte pas seulement sur la réduction de l'amplitude de l'intensité, le sens du décalage et le phénomène de résonance, mais encore sur les propriétés énergétiques, si l'on s'en tient à l'effet par période.*

Le parallèle s'établit d'après le tableau suivant :

Variation v de la vitesse.	Intensité i du courant.
Réaction d'inertie.	Force électromotrice opposée $L\frac{di}{dt}$ de self-induction.
Premier supplément de la traînée.	Chute de potentiel ri due à la résistance.
Effet de la pesanteur.	Effet $\frac{1}{c}\int idt$ de la capacité.
Force perturbatrice.	Force électromotrice agissante.

On a d'ailleurs pour travail par période d'une force électromotrice E, l'expression

$$\int \mathrm{E}i\,dt,$$

de même qu'on a pour celui d'une force proprement dite

$$\int_0^\tau \mathrm{FV}\,dt = \int_0^\tau \mathrm{F}v\,dt.$$

L'aéroplane à attaque invariable est donc un modèle à placer à côté des nombreux mécanismes conçus par l'École anglaise pour donner corps aux explications cartésiennes des phénomènes physiques.

9. *Ascension par période.* — Nous venons de voir qu'il ne peut y avoir ascension définitive au-dessus de la trajectoire de régime en cas d'attaque invariable. Les balancements de l'appareil autour de sa trajectoire vont-ils modifier favorablement cette situation? En termes plus précis, le second complément de la traînée peut-il rendre négatif le travail de la pesanteur ? La proposition suivante nous fait prévoir que oui.

Le travail par période fourni par le second complément de la traînée est essentiellement positif. Ce travail vaut en effet

$$2\mathrm{M}g\,\frac{\tau}{2}\,\frac{l^2}{|f(\omega i)|^2}\,\frac{2g}{\mathrm{V}_0^2}\,\omega^2\left[\frac{g}{\mathrm{V}_0\alpha_0}(\mathrm{C}^2\omega^2 + \mathrm{C}_1^2) + \mathrm{C}_1\mathrm{C}_2\right]\cdot$$

Nous pouvons rattacher à cette proposition la discussion de l'ascension supplémentaire par période

$$\mathrm{Y} = \int_0^\tau v\theta\,dt = \frac{\tau}{2}(\mathrm{A}_0\mathrm{A}_\theta + \mathrm{B}_v\mathrm{B}_\theta),$$

à l'aide des équations

$$-\mathrm{C}\omega^2(\mathrm{A}_a + \mathrm{A}_\theta) - \mathrm{C}_1\omega(\mathrm{B}_a + \mathrm{B}_\theta) + \mathrm{C}_2\mathrm{A}_a = 0,$$
$$-\mathrm{C}\omega^2(\mathrm{B}_a + \mathrm{B}_\theta) + \mathrm{C}_1\omega(\mathrm{A}_a + \mathrm{A}_\theta) + \mathrm{C}_2\mathrm{B}_a = 0,$$

obtenues en portant dans la dernière équation du mouvement les intégrales sinusoïdales et en identifiant.

Après avoir multiplié respectivement par A_v, B_v, additionné et posé

$$A_vA_a + B_vB_a = H_a, \quad A_vA_\theta + B_vB_\theta = H_\theta,$$
$$B_vA_a + A_vB_a = I_a, \quad B_vA_\theta - A_vB_\theta = I_\theta,$$

il vient

$$-C\omega^2(H_a + H_\theta) + C_1\omega(I_a + I_\theta) + C_2H_a = 0.$$

L'amortissement introduisant les symboles I, supposons d'abord $C_1 = 0$. Il vient

$$Y = H_\theta = \frac{C_2 - C\omega^2}{C\omega^2} H_a,$$

de telle sorte que, *si l'amortissement est nul, l'ascension ou la descente supplémentaire est proportionnelle au travail par période du second complément de la traînée.*

Le travail H_a absorbé par le second complément de la traînée étant négatif, la condition nécessaire et suffisante d'une ascension est contenue dans l'inégalité

$$\omega > \sqrt{\frac{C_2}{C}}.$$

Si l'on observe que le balancement naturel à pente constante est donné par la relation

$$C\frac{d^2a}{dt^2} + C_2a = 0$$

dont l'équation caractéristique a pour racines

$$\pm i\sqrt{\frac{C_2}{C}},$$

on peut affirmer qu'*il y a ascension lorsque la période du vent* *est plus courte que la période du balancement naturel de l'aéroplane, et alors seulement.*

Lorsque C_1 n'est pas nul, on a recours aux équations dérivées

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = 2\frac{g}{V_0^2}\frac{dv}{dt} + \frac{g}{V_0\alpha_0}\frac{da}{dt},$$

$$C\frac{d^2}{dt^2}(a+\theta) + C_1\frac{d}{dt}(a+\theta) + C_2 a = 0,$$

qui donnent comme plus haut

$$-\omega^2 H_\theta = \frac{g}{V_0\alpha_0}\omega I_a,$$

$$-C\omega^3(I_a + I_\theta) - C_1\omega^2(H_a + H_\theta) + C_2\omega I_a = 0;$$

en éliminant I_a et I_θ entre ces nouvelles équations et la première utilisée ci-dessus, on a d'abord

$$-C^2\omega^4(H_a + H_\theta) - C_1^2\omega^2(H_a + H_\theta) + CC_2\omega^2 H_a + C_1 C_2\omega I_a = 0,$$

puis, p désignant une quantité positive,

$$pH_\theta = -(C^2\omega^2 + C_1^2 - CC_2)\omega^2 H_a,$$

de telle sorte que la proportionnalité subsiste.

Conformément à ce résultat, on a d'ailleurs directement

$$Y = \frac{\tau l^2 g^2\omega^2}{V_0^3\alpha_0}\,\frac{C\omega^2 + C_1^2 - CC_2}{|f(\omega i)|^2}.$$

La condition

$$\omega^2 > \frac{C_2}{C} - \left(\frac{C_1}{C}\right)$$

est toujours réalisée quand on a

$$\frac{C_2}{C} - \left(\frac{C_1}{C}\right)^2 \leqq 0;$$

sinon, on doit avoir

$$\omega > \sqrt{\frac{C_2}{C} - \left(\frac{C_1}{C}\right)^2}.$$

Cette dernière condition devient significative lorsqu'on examine les oscillations naturelles d'un *aéroplane d'amortissement double*. L'équation des oscillations est alors

$$C\frac{d^2a}{dt^2} + 2C_1\frac{da}{dt} + C_2 = 0$$

et donne justement pour période

$$T_a = \frac{2\pi}{\Omega_a}, \qquad \Omega_a = \sqrt{\frac{C_2}{C} = \left(\frac{C_1}{C}\right)^2}.$$

Les coefficients C_1 et C_2 étant respectivement proportionnels à V_0 et V_0^2 (*), la période croît comme $\frac{1}{v_0}$.

Concluons donc : *Si l'on a*

$$\frac{C_2}{C} - \left(\frac{C_1}{C}\right) \leqq 0$$

l'ascension supplémentaire par période est toujours positive. Dans le cas contraire, les oscillations de courte période donnent une ascension supplémentaire positive; les oscillations de longue période, une ascension supplémentaire négative, et la période intermédiaire correspond aux oscillations naturelles à pente constante d'un aéroplane d'amortissement double.

L'ascension totale par période est d'ailleurs

$$\int_0^\tau (V_0 + v)(\Theta_0 + \theta)\,dt = V_0\Theta_0\tau + \frac{\tau l^2 g^2 \omega^2}{V_0^3 \alpha_0}\,\frac{C\omega^2 + C_1^2 - CC_2}{|f(\omega i)|^2};$$

(*) Voir G. DE BOTHEZAT, *loc. cit.*

avec Θ_0 négatif, elle est positive si l'on a

$$|\Theta_0| < \frac{l^2 g^2 \omega^2}{V_0^4 \alpha_0} \frac{C\omega^2 + C_1^2 - CC_2}{|f(\omega i)|^2}.$$

Dans le cas spécial du vol plané sans propulseur, on a pour déterminer Θ_0,

$$Mg\Theta_0 = F_{x_0} = -KV_0^2 - kV_0^2\alpha_0^2,$$
$$Mg = F_{y_0} = kV_0^2\alpha_0,$$

d'où

$$|\Theta_0| = \alpha_0 + \frac{K}{k}\frac{1}{\alpha_0}.$$

10. *Conclusion : le vol à voile.* — Le vol à voile est un vol sans battement de durée illimitée. On ne peut guère expliquer la sustentation des voiliers océaniques sans commencer par leur accorder une traînée extrêmement petite. On peut concevoir des phénomènes de succion à l'avant et de pression à l'arrière qui concourent à cet effet. Quant à la traînée négative trouvée par certains expérimentateurs et jugée admissible par des théoriciens éminents, elle entraîne un mouvement perpétuel avec frottement, difficile à concilier avec le second principe de la thermodynamique.

Il faut donc faire appel à des considérations dépendant du vent. Selon les composantes envisagées, on a la théorie du vent debout (dite de Langley), du vent ascendant ou du vent louvoyant. Nous ne devons ici nous intéresser qu'à la première de ces explications.

Langley affirme que si un voilier dispose ses surfaces de façon à monter ou descendre suivant que le vent debout est supérieur ou inférieur à une moyenne, il peut finir par gagner de la hauteur sans perdre sa vitesse. On a toujours démontré ce fait sans avoir recours aux équations du mouvement.

Notre théorie et spécialement les inégalités du numéro précédent montrent dans quelles conditions un voilier pourra voler indéfiniment sans le moindre mouvement propre. La présence du facteur $\frac{1}{f(\alpha i}$ rend une discussion complète laborieuse. Un angle de chute $|\Theta_0|$ très faible et un mouvement apériodique ou de période très longue pour le planeur d'amortissement double sont cependant des conditions nécessaires de succès. Cette dernière condition suffit d'ailleurs à relever la trajectoire de la chute.

Or, en fait, la forme fuselée plus effilée à l'arrière qu'à l'avant du corps de l'oiseau, la canalisation de l'air par l'aile vers l'arrière du fuseau et l'arqué en *s* de l'aile rendent la résistance de pénétration minime. D'autre part, comme on l'a souvent remarqué, les meilleurs voiliers sont lourds, lents et presque dépourvus de queue, ce qui rend le mouvement propre à pente constante, périodique avec période très longue, si pas apériodique.

L'énigme du vol nonchalant des grands-voiliers océaniques se trouve ainsi considérablement diminuée.

Je tiens à exprimer ici mes vifs remerciements à M. de la Vallée Poussin, qui a eu l'amabilité de m'indiquer quelques simplifications des calculs.

La Louvière, le 18 septembre 1912.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Bruxelles. *Ministère de l'Industrie et du Travail.* Monographies industrielles, tome III, fasc. A. et B. Industries de la construction mécanique, 1912.

— *Ministère des Colonies.* Annales du Musée du Congo belge. Zoologie, série I, tome II, fasc. 3. Poissons recueillis dans la région du Bas-Congo par le Dr W. J. Ansorge. (G.-A. Boulenger.) In-fol., 1912.

Duc d'Orléans. Campagne arctique de 1907. Crustacés malacostracés. (Louis Stappers.) In-4°, 1911.

— Annélides polychètes. (Pierre Fauvel.) In-4°, 1911.

— Cœlentérés du fond. (Hjalmar Broch.) In-4°, 1912.

— Bryozoaires. (O. Nordgaard.) In-4°, 1912.

Collections zoologiques du baron de Selys Longchamps. Catalogue systématique et descriptif. Fascicule XIV, Libellulinen. In-4°, 1912.

— Fasc. IV, Plécoptères. I. Fam. Perlodidae. In-4°, 1912.

Cesàro (G.). Sur la résolution en nombres entiers et positifs de $ax + by = c$. Bruxelles, 1911 ; extr. in-8° (20 p.).

— Calcite de Kelleys (Islande) et de Gotland (Suède). Formes à notation compliquée. Direction des stries. Bruxelles, 1911 ; extr. in-8° (15 p., fig.).

— Observations sur le problème de la division d'un hémisphère en deux parties équivalentes par un plan parallèle à sa base. Bruxelles, 1912 ; extr. in-8° (6 p.).

— Sur un nouveau minéral du Katanga. Liége, 1912; extr. in-8° (48 p., fig.).

— Description des différents types présentés par les cristaux d'anglésite de Sardaigne (en collaboration avec *A. Abraham*). Liége, 1912 ; extr. in-8° (24 p., fig.).

— L'anglésite de Sardaigne. Formes nouvelles ou rares. Biréfringences principales et angle axial. Liége, 1912; extr. in-8° (32 p., fig.).

Cogniaux (Alfred). La botanique en Belgique pendant le dernier demi-siècle (1862-1912). Discours prononcé le 22 juin 1912, à la séance solennelle d'ouverture des fêtes jubilaires de la Société royale de botanique de Belgique. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (46 p.).

Fraipont (Charles). Un mot sur le limon hesbayen de Liége. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (4 p.).

— L'astragale de l'homme moustérien de Spy. Ses affinités. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (32 p., 3 pl.).

Jorissen (A.). De l'influence de l'acide cyanhydrique et des glucosides producteurs d'acide cyanhydrique, au point de vue de la chimie végétale. Gand, 1912; extr. in-8° (pp. 199-205).

Lyon. *Université.* Catalogue de la collection de moulages pour l'histoire de l'art antique. (Henri Lechat.) 1911.

Paris. *Société nationale d'agriculture de France.* Histoire de la Société. (Louis Passy.) Tome I, 1761-1793. Paris, 1912.

Dongier (R.) et *Lebon (Ernest).* Hommage à Henri Poincaré. Paris, 1912; extr. in-8° (8 p.).

Londres. *Royal Society.* The Record of the Royal Society. Third edition, 1912. In-4° rel.

— The signatures in the first journal-book and the Charter-Book. In-folio, 1912.

— *British Museum.* Catalogue of the Noctuidae. (Sir George Hampson.) 1912.

— Catalogue of Chiroptera. Second edition. Vol. I. Megachiroptera. (Knud Andersen.) 1912.

— A monograf of the Mycetozoa. (Arthur Lister.) 1911.

— National antarctic Expedition (1901-1904). Natural history. Vol. VI. Zoology and botany. 1912, in-4°.

— *Solar Physics Committee.* Report of the Solar Eclipse Expedition to Vavau, Tonga Islands, 1911. In-4°.

Arctowski (*Henryk*). Studies on climate and crops. The « Solar constant » and the variations of atmospheric temperature at Arequipa and some other stations. New-York, 1912; extr. in-8° (pp. 598-606).

Stockholm. *Académie royale des sciences de Suède.* Jac. Berzelius. Lettres. I. Correspondance entre Berzelius et C.-L. Berthollet (1810-1822). (H. G. Söderbaum.) 1912.

Kambouroglou (*A.*). Les médecins et les compagnies d'assurances sur la vie. Constantinople, s. d., in-16 (11 p.).

— Un cas de hernie diaphragmatique étranglée. Constantinople, 1908; in-16 (11 p.).

— L'aqueduc d'eau de source et les fontaines Hamidié de Constantinople. Constantinople, 1908; in-8° (23 p.).

— La mortalité de la fièvre typhoïde à Constantinople. Constantinople, 1902; extr. in-8° (24 p.).

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 19 octobre 1912.*

Félicitations à M. Ch. Julin, nommé docteur *honoris causa* de l'Université de Saint-Andrews 547

Correspondance.

M. le Ministre des Sciences et des Arts demande la présentation d'une liste double de candidats pour la formation du jury du concours décennal des mathématiques appliquées. — Inauguration du « The Rice Institut », à Houston (États-Unis d'Amérique). — Jubilé du « Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark », à Gratz. — Restitution d'une note à M. Lucien Godeaux. — Hommages d'ouvrages. — Travaux à l'examen 547

Comité secret.

Présentation de candidatures aux places vacantes 549

Rapports.

Rapports de MM. Swarts et Verschaffelt (Formation de colloïdes nouveaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques, note préliminaire; par Maurice Philippson) 549
Rapport de M. De Heen (Recherches termochimiques sur la dissolution; par Nicolas de Kolossovsky) 550
Rapport de M. De Heen (Dérivés halogénés et constante de réfraction; par Fr. Schwers) 551
Rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin (Sur le plan réglé et les invariants intégraux; par Th. De Donder). 551
Rapports de MM. Léon Fredericq et V. Willem (A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration; par Edgard Zunz). 551, 552
Rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin (L'aéroplane dans un vent périodique; par Julien Pacotte) 552

Communications et lectures.

MINÉRALOGIE. — *Sur un feldspath de Porto-Scuso (Sardaigne)* (4 fig.); par G. Cesàro 553
ZOOLOGIE. — *Observations sur l'accouplement et la ponte de l'alyte accoucheur, alytes obstetricans;* par G.-A. Boulenger (1 planche). 570
CHIMIE DES COLLOÏDES. — *Formation de colloïdes nouveaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques* (note préliminaire); par Maurice Philippson 580
GÉOMÉTRIE ET ANALYSE. — *Sur le plan réglé et les invariants intégraux;* par Th. De Donder 583
PHYSICO-CHIMIE. — *Recherches termochimiques sur la dissolution;* par Nicolas de Kolossovsky 591
CHIMIE. — *Dérivés halogénés et constante de réfraction;* par Fr. Schwers . . 610
CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration;* par Edgard Zunz. 656
MÉCANIQUE. — *L'aéroplane dans un vent périodique;* par Julien Pacotte. . . 675

Bulletin bibliographique 696

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

* * *

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 11

SMITHSONIAN INSTITUTION
NOV 22 1937
NATIONAL MUSEUM

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 9 novembre 1912.

M. Ch. **Francotte**, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier **Edmond Marchal**, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, M. Mourlon, P. De Heen, Léon Fredericq, V. Masius, J. Neuberg, P. Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, Jean Massart, A. Demoulin, A. Rutot, Al. de Hemptinne, V. Willem, *membres;* P. Stroobant, J.-E. Verschaffelt, L. Dollo, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

Absences motivées : MM. A. Jorissen, vice-directeur ; P. Mansion, Ch. Lagrange, J. Deruyts, membres ; Léon Crismer, correspondant.

CORRESPONDANCE.

Le Roi et la Reine font remercier la Classe des sentiments de condoléances qui Leur ont été exprimés par M. le Secrétaire perpétuel au sujet de la mort de deux membres de la Famille Royale.

— M. le Ministre des Sciences et des Arts transmet les requêtes de MM. Paul Cerfontaine et Charles Francotte, sollicitant chacun, pour 1913, une table d'études à la Station zoologique de Naples. — Renvoi à l'examen de MM. Van Bambeke, Fredericq et Gravis après le 15 novembre, délai fixé par la Classe.

— M. Pelseneer fait savoir qu'il assistera au Congrès international de zoologie de Monaco, du 25 au 30 mars 1913. Sa proposition d'y représenter la Classe est acceptée.

— La Classe prend en considération la motion suivante de M. Lecointe à propos de la Commission internationale de l'heure, en voie de constitution :

« En déposant un tiré à part d'une note intitulée : *La Conférence internationale de l'heure, de Paris, et l'unification de l'heure,* que je viens de publier dans *La Vie internationale,* je crois opportun d'attirer l'attention de la Classe des sciences sur la création d'une *Commission internationale de l'heure,* dont les statuts seront soumis, par l'Académie des sciences de Paris, à l'approbation de l'Association internationale des Académies, lors de sa prochaine session. Il serait désirable que les délégués de l'Académie royale de Belgique, qui participeront aux travaux de cette session, se montrassent favorables à la nouvelle institution, dont l'utilité me paraît incontestable. »

— Hommages d'ouvrages :

Méthodologie de la botanique; par J. Goffart et A. Gravis.

L'enseignement normal des sciences; par A. Gravis.

Quelques réflexions au sujet de l'enseignement de la botanique; par A. Gravis.

Henri Poincaré; par Ernest Lebon (offert par M. Neuberg).

Exposé et résumé des recherches que j'ai effectuées, de 1900 à 1912, sur l'uranium et ses composés et qui ont été publiées dans les Bulletins de l'Académie royale de Belgique; par W. Oechsner de Coninck.

Compte rendu de l'expédition scientifique au Kamtchatka (1908-1911). Tome I^er^. *Botanique;* par Théodore Pawlovitch Riabouchinsky.

— Remerciements.

RAPPORTS.

Les rapports sur les mémoires soumis pour le concours annuel ainsi que pour les Prix Mailly et Sacré seront imprimés et distribués aux membres avant la prochaine séance.

— Sur le rapport de MM. de Hemptinne et Verschaffelt, la communication de M. H.-J. Proumen : *Sur l'ionisation accompagnant les gaz de la flamme,* sera restituée à l'auteur.

— Sur l'avis verbal de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, la note de M. G. Chenot : *Relations entre une puissance et la somme de deux puissances de même degré,* sera déposée aux archives.

— M. De Heen donne lecture de ses rapports sur les deux travaux dont les titres suivent et dont la Classe décide l'impression au *Bulletin :*

Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination; par Henri Micheels.

Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires; par F. Schwers.

— M. de la Vallée Poussin présente un travail de M. J. Beaupain : *Sur les fonctions de Bessel d'ordre supérieur.* — Impression dans le recueil des *Mémoires* in-4°.

COMITÉ SECRET.

La liste des candidatures aux places vacantes est adoptée définitivement.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Analyse mathématique. — **Sur l'unicité du développement trigonométrique** (*),

par Ch.-J. de la Vallée Poussin,
professeur à l'Université de Louvain, membre de l'Académie royale de Belgique.

1. — Soit une série trigonométrique quelconque dont le terme général tend vers 0 :

$$\sum_0^\infty \mathrm{A}_n = \sum_0^\infty (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx)$$

et soit S_n la somme de ses n premiers termes.

La question de savoir sous quelles conditions cette série est la série de Fourier d'une fonction sommable a fait l'objet de travaux nombreux et importants (**).

A ma connaissance, les conditions les plus larges obtenues postulent la convergence de la série, sauf pour des valeurs exceptionnelles de x formant un ensemble réductible, et exigent que la somme de la série soit une fonction sommable et à oscillation bornée en chaque point, sauf encore aux points d'un ensemble réductible.

Ces conditions ont été obtenues par M. Lebesgue grâce à la notion d'intégrale définie que la science lui doit. Mais on peut aller plus loin.

Nous nous proposons, en effet, dans cette note, d'établir le théorème suivant, dont la généralité est si grande qu'elle peut paraître à première vue paradoxale.

(*) Un résumé de cette note a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris* (4 novembre 1912).

(**) Encyclopédie des sciences mathém. pures et app., t. II, vol. 1, fasc. 2, p. 228 (article de M. Fréchet).

Théorème. — *Toute série trigonométrique même divergente est la série de Fourier d'une fonction sommable, pourvu que son terme général ait pour limite* 0 (*) *et que ses limites d'indétermination soient des fonctions de* x *finies et sommables.* (Elles ne doivent pas être bornées.)

Plus généralement, le théorème subsiste dans le cas où la somme de la série ou bien ses limites d'indétermination deviennent infinies en certains points, pourvu que l'ensemble de ces points soit dénombrable, ou encore n'ait pas la puissance du continu, ou encore ne contienne pas d'ensemble parfait. (Il ne doit pas être réductible.)

La démonstration de ce théorème dépend d'une étude attentive de la dérivée seconde généralisée et de la différence seconde qui s'y rattache.

2. Dérivée seconde généralisée. — Soit $F(x)$ une fonction continue. Posons

$$\Delta^2 F = F(x+h) + F(x-h) - 2F(x).$$

Quand h tend vers 0, le quotient $\Delta^2 F : h^2$ a une plus grande et une plus petite limites (finies ou infinies). Nous les appellerons les *dérivées secondes généralisées supérieure et inférieure* de $F(x)$ au point x. Si elles sont égales, la valeur commune est la *dérivée seconde généralisée* de $F(x)$ en ce point.

Remarque. — Si les dérivées supérieure et inférieure sont différentes en un point, on peut faire tendre h vers 0 de manière que $\Delta^2 F : h^2$ tende vers n'importe quel nombre désigné d'avance et compris entre ces deux dérivées. En effet, ce quotient est une fonction continue de h et ne peut osciller indéfiniment entre deux nombres sans repasser indéfiniment par les valeurs intermédiaires.

(*) L'énoncé de cette condition n'est même nécessaire que pour démontrer la seconde partie du théorème.

Nous allons énoncer quelques théorèmes fondamentaux relativement à la dérivée seconde généralisée.

Théorème I. — *Si une fonction continue* F(x) *possède une dérivée seconde généralisée supérieure* POSITIVE ET NON NULLE *en chaque point de l'intervalle* (a, b), *alors, dans cet intervalle, tout arc de la courbe* y = F(x) *est situé en dessous de sa corde. Au contraire, il serait au-dessus si la dérivée seconde inférieure était partout négative.*

Il suffit de démontrer la première partie de l'énoncé.

Soit, en effet, AMB un arc quelconque de la courbe et AB sa corde. Supposons par impossible que cet arc ait une de ses parties au-dessus de AB. La courbe étant continue, on peut déterminer sur cette courbe au moins un point au-dessus de AB tel que sa distance à AB soit la plus grande possible, mais il peut y en avoir plusieurs.

Soit M celui de ces points dont l'abscisse x est la plus grande possible, M′ et M″ les deux points de la courbe d'abscisses $x - h$ et $x + h$. Désignons par ω un nombre positif inférieur à la dérivée seconde généralisée supérieure au point x ; nous pourrons choisir h positif assez petit pour qu'on ait

$$\frac{\Delta^2 F}{h} = \frac{F(x+h) - F(x)}{h} - \frac{F(x-h) - F(x)}{h} > \omega h > 0.$$

Cette inégalité exprime que le coefficient angulaire de MM″ est plus grand que celui de M′M ou que l'angle M′MM″ a son sommet tourné vers le bas, c'est-à-dire vers la corde AB. Or ceci est impossible, car, en ce cas, un des deux côtés MM′ ou MM″ au moins serait au-dessus de la parallèle menée par M à AB et l'un des deux points M′ ou M″ serait plus loin que M de AB.

Remarque. — On pourrait généraliser le théorème précédent en remplaçant la condition relative à la dérivée seconde par la condition que l'on puisse faire correspondre à chaque valeur de x intérieure à (a, b) un système de deux nombres positifs infiniment petits h et k, rendant positive la différence

$$\frac{F(x+h)-F(x)}{h}-\frac{F(x-k)-F(x)}{-k}.$$

Condition (K). — Nous dirons que la fonction continue $F(x)$ satisfait à la condition (K) dans l'intervalle (a, b), si, en chaque point x intérieur (au sens étroit) à cet intervalle, on peut choisir deux nombres positifs infiniment petits h et k, rendant infiniment petite aussi la différence

$$\frac{F(x+h)-F(x)}{h}-\frac{F(x-k)-F(x)}{-k}.$$

Théorème II. — *Soit* F(x) *une fonction continue dans l'intervalle* (a, b) *et qui satisfait à la condition* (K). *Considérons dans cet intervalle un arc quelconque* AMB *de la courbe* $y = F(x)$ *et sa corde* AB. *S'il y a des points de l'arc au-dessus (en dessous) de la corde, l'ensemble* E *des points où les deux dérivées secondes généralisées sont négatives (positives) et non nulles aura la puissance du continu et contiendra un ensemble parfait* (*).

Nous allons d'abord montrer que l'ensemble E_1 des points où l'on a $\Delta^2 F \leqq 0$ pour h infiniment petit a la puissance du continu.

Opérons comme dans la démonstration précédente. Soit, au-dessus de AB, M le point de l'arc dont la distance à AB est la plus grande possible et qui a la plus grande abscisse x.

On aura, en ce point, pour h infiniment petit,

$$\Delta^2 F \leqq 0.$$

Menons à AB par le point M la parallèle MT; ce sera la tangente à la courbe au point M, en convenant d'appeler ici *tangente* une droite qui passe par M sans traverser la courbe,

---

(*) Si les dérivées secondes négatives étaient toujours finies, l'ensemble E ne pourrait être de mesure nulle. Mais nous ne démontrerons pas ce résultat qui nous est inutile.

et *il ne peut pas y en avoir deux*, car elles enfermeraient la courbe dans un angle, ce qui est contraire à la condition (K). Cette tangente sera d'ailleurs tout entière au-dessus de l'arc AMB.

Soit maintenant AB′ une seconde corde, obtenue en faisant tourner la première dans le sens direct autour du point A, d'ailleurs suffisamment voisine de la première pour qu'il reste encore des points de la courbe au-dessus de AB′. Soit M′ celui de ces points qui est à la distance maximum de AB′ et qui a la plus grande abscisse ; au point M′, la courbe aura une tangente parallèle à AB′ et l'on aura, pour h infiniment petit,

$$\Delta^2 F \leqq 0.$$

A chaque corde AB″ intermédiaire entre AB et AB′, correspond ainsi un point M″ différent (la tangente y étant différente) où l'on a $\Delta^2 F \leqq 0$.

On voit donc déjà que l'ensemble E_1 des points satisfaisant à cette condition a la puissance du continu.

Pour s'assurer qu'il contient un ensemble parfait, il faut une remarque en plus. Le point M′ que nous avons construit est *à gauche* du point M, car M étant plus éloigné de AB que les points de la courbe situés à sa droite, est aussi plus éloigné qu'eux de la droite AB′. La même remarque s'applique pour deux cordes quelconques. Soit donc θ l'inclinaison de la corde AB″, le point M″ correspondant se déplace toujours vers la gauche quand θ augmente.

Il suit de là que, si le point M″ tend vers une position-limite μ quand θ tend vers θ_0, la tangente M″T tend vers une position-limite μT d'inclinaison θ_0. D'ailleurs, la tangente variable M″T restant toujours au-dessus de l'arc de courbe AMB considéré, sa limite μT est dans le même cas. On a donc au point μ aussi $\Delta^2 F \leqq 0$. Cette condition est donc réalisée dans l'ensemble décrit par le point M″ et aux points-limites de cet ensemble, donc dans un ensemble fermé. Tout ensemble fermé qui a la puissance du continu contient un ensemble parfait, ce qui prouve la proposition.

Il reste à étendre la démonstration à l'ensemble E du théorème, c'est-à-dire à l'ensemble des points où, pour h infiniment petit, l'on a $\lim \Delta^2 F : h^2 < 0$ (égalité exclue).

A cet effet, il suffit de choisir le nombre positif ε assez petit pour que la courbe

$$y = F(x) + \varepsilon x^2,$$

aussi voisine qu'on veut de la précédente, ait aussi des points au-dessus de sa corde. Appliquons à cette courbe le théorème démontré. L'ensemble des points où l'on a, pour h infiniment petit,

$$\Delta^2(F + \varepsilon x^2) = \Delta^2 F + 2\varepsilon h^2 \leqq 0,$$

c'est-à-dire

$$\Delta^2 F : h^2 \leqq -\varepsilon,$$

a la puissance du continu et contient un ensemble parfait. C'est donc vrai *a fortiori* pour l'ensemble E (*).

Théorème III. — *Si* F(x) *est une fonction continue satisfaisant à la condition* (K) *dans l'intervalle* (a, b), *l'ensemble des points où une dérivée seconde généralisée de* F(x) *est d'un même signe, par exemple négatif, a la puissance du continu et contient un ensemble parfait.*

Supposons que $\Delta^2 F$ soit négatif pour le système des trois points M', M et M'' d'abscisses $x - h, x, x + h$. Le point M sera au-dessus de la corde M'M'', ce qui ramène au théorème précédent.

Théorème IV. — *Si* F(x) *a une dérivée première continue* F'(x), *ses dérivées secondes généralisées supérieure et inférieure sont intermédiaires entre les quatre nombres dérivés du premier ordre de* F'.

(*) Il est à remarquer que la démonstration exige seulement que la condition (K) se vérifie dans E.

On écrit, à cet effet,

$$\Delta^2 F = \int_0^h [F'(x+t) - F'(x-t)]\, dt$$

$$\frac{\Delta^2 F(x)}{h^2} = \int_0^h \frac{2t dt}{h^2} \left[\frac{F'(x+t) - F'(x-t)}{2t}\right] dt.$$

Quand h et t tendent vers 0, le crochet sous le signe ∫ tend à devenir une moyenne entre les nombres dérivés de F' au point x. Il n'y a plus qu'à appliquer le théorème de la moyenne, qui permet de mettre le crochet hors du signe ∫, on obtient la démonstration du théorème énoncé.

3. Théorème V. — *Soit* f(x) *une fonction sommable dans l'intervalle* (a, b), *finie sauf peut-être aux points d'un ensemble de mesure nulle. On peut construire une fonction continue* φ_1(x) *infiniment voisine par excès de l'intégrale*

$$\int_a^x f(x)\, dx$$

et dont les quatre nombres dérivés surpassent f(x) *en tous les points où* f(x) *a une valeur finie. Nous l'appellerons la fonction majorante relative à* f(x).

De même, on peut construire une fonction minorante φ_2(x), *infiniment voisine par défaut de l'intégrale et dont les nombres dérivés seront* < f(x) *en chaque point où* f(x) *est finie.*

Montrons d'abord le moyen de construire la fonction majorante $\varphi_1(x)$ pour une fonction $f(x)$ toujours positive (ou nulle).

Soit ε un nombre positif aussi petit qu'on voudra. Donnons-nous une échelle de nombres positifs :

$$0,\ l_1,\ l_2, \dots\ l_n, \dots$$

croissant jusqu'à l'infini par degrés $< \varepsilon$.

Désignons par e_n l'ensemble des points où l'on a

$$l_n \leqq f(x) < l_{n+1}.$$

Désignant aussi par e_n la mesure de l'ensemble de même nom, nous aurons, d'après la définition de l'intégrale de M. Lebesgue,

$$\sum_{n=0}^{\infty} l_n e_n < \int_a^b f dx < \sum_0^{\infty} l_{n+1} e_n.$$

Par conséquent, puisque $l_{n+1} - l_n$ est $< \varepsilon$,

$$\sum_0^{\infty} l_{n+1} e_n < \int_a^b f dx + \varepsilon(b-a).$$

Donnons-nous maintenant une suite positive $\varepsilon_1, \varepsilon_2, .., \varepsilon_n, ...$ assez rapidement décroissante pour que l'on ait

$$\Sigma l_{n+1} \varepsilon_n < \varepsilon.$$

Ceci fait, enfermons e_n (au sens étroit) dans une infinité d'intervalles d'amplitudes $\delta_1^n, \delta_2^n, ...$ de manière qu'on ait

$$e_n < \sum_k \delta_k^n < e_n + \varepsilon_n.$$

Appelons $S^n(x)$ la somme de tous les intervalles δ^n et portions d'intervalles δ^n compris entre a et x. Je dis que la fonction

$$\varphi_1(x) = \sum_n l_{n+1} S^n(x)$$

satisfera aux conditions du théorème.

On aura d'abord, pour $x = b$,

$$\varphi_1(b) = \sum_n l_{n+1} \sum_k \delta_k^n = \sum l_{n+1} e_n + \sum l_{n+1} \varepsilon_n.$$

Par conséquent, à cause des inégalités précédentes,

$$\int_a^b f(x)\,dx < \varphi_1(b) < \int_a^b f(x)\,dx + \varepsilon + \varepsilon(b-a).$$

Pour x compris entre a et b, on aurait (pour les mêmes raisons ou *a fortiori*)

$$\int_a^x f(x)\,dx < \varphi_1(x) < \int_a^x f(x)\,dx + \varepsilon + \varepsilon(b-a).$$

Il reste seulement à montrer que les nombres dérivés de $\varphi_1(x)$ surpassent $f(x)$ en tout point où $f(x)$ est finie.

Supposons donc que $f(x)$ tombe entre l_n et l_{n+1} (exclu); le point x fait alors partie de l'ensemble c_n et est intérieur (au sens étroit) à un intervalle δ^n.

Or on a

$$\varphi_1(x+h) - \varphi_1(x) = \Sigma l_{n+1}[\mathrm{S}^n(x+h) - \mathrm{S}^n(x)].$$

Tous les termes de la somme sont positifs avec h (ou nuls) et non décroissants si h augmente. Donc, si h est positif et assez petit pour que $x+h$ soit encore dans δ^n, on aura (en ne gardant qu'un terme)

$$\varphi(x+h) - \varphi(x) \geqq l_{n+1}[\mathrm{S}^n(x+h) - \mathrm{S}^n(x)] \geqq h l_{n+1}.$$

Le sens de l'inégalité changerait pour h négatif, de sorte que l'on a toujours, pour $|h|$ assez petit,

$$\frac{\varphi(x+h) - \varphi(x)}{h} \geqq l_{n+1}.$$

Donc les quatre nombres dérivés, étant au moins égaux à l_{n+1}, seront $> f(x)$.

Montrons, en second lieu, le moyen de construire la fonction majorante $\varphi_1(x)$ quand $f(x)$ est de signe quelconque.

Définissons la fonction $f_{\mathrm{N}}(x)$ égale à $f(x)$ si f est $> -\mathrm{N}$ et égale à $-\mathrm{N}$ si f est $\leqq -\mathrm{N}$. Pour N infiniment grand, l'intégrale de $f_{\mathrm{N}}(x)$ surpasse infiniment peu celle de $f(x)$.

Il suffit donc de savoir construire la fonction majorante relative à $f_{\mathrm{N}}(x)$. Soit $\psi_1(x)$ celle relative à $f_{\mathrm{N}}(x) + \mathrm{N}$ qui n'est pas négatif; celle relative à f_{N} sera évidemment

$$\varphi_1(x) = \psi_1(x) - \mathrm{N}x.$$

Quant à la construction de la fonction minorante $\varphi_2(x)$, elle se ramène à la précédente. Soit, en effet, $-\psi(x)$ la fonction majorante relative à $-f$, alors $\psi(x)$ est la fonction minorante relative à f.

Le théorème est complètement établi. Je n'ai fait d'ailleurs que reproduire le mode de démonstration que j'ai fait connaître dans le tome I$^{\text{er}}$ (n° 282) de mon *Cours d'analyse* (2$^{\text{e}}$ édition, 1909, Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, Uystpruyst).

4. — Voici maintenant le théorème qui va jouer le rôle essentiel dans la démonstration que nous avons en vue. Il fait connaître sous quelles conditions générales une fonction est déterminée, à une fonction linéaire près, par ses dérivées secondes généralisées.

Théorème VI. — *Soit* F(x) *une fonction continue dans un intervalle* (a, b). *S'il existe une fonction* f(x) *intermédiaire entre les deux dérivées secondes généralisées de* F(x) *ou égale à l'une des deux, laquelle fonction* f(x) *soit finie et sommable dans l'intervalle* (a, b), *on aura, dans cet intervalle,*

$$F(x) = \int_a^x dx \int_a^x f(x)\,dx + \text{fonction linéaire de } x.$$

Construisons au moyen de $f(x)$ les deux fonctions majorante $\varphi_1(x)$ et minorante $\varphi_2(x)$ du théorème V ; formons alors les deux fonctions nouvelles :

$$F(x) - \int_a^x \varphi_2(x)\,dx, \qquad F(x) - \int_a^x \varphi_1(x)\,dx,$$

lesquelles sont infiniment voisines l'une de l'autre et comprennent entre elles la fonction

$$F(x) - \int_a^x dx \int_a^x f(x)\,dx,$$

qui est inférieure à la première et supérieure à la seconde. D'ailleurs ces trois fonctions s'annulent pour $x = a$.

Construisons, entre les points d'abscisses a et b, les arcs AM_1B_1, AMB, AM_2B_2 des trois courbes infiniment voisines :

$$y_1 = F(x) - \int_a^x \varphi_2(x)\,dx,$$

$$y = F(x) - \int_a^x dx \int_a^x f(x)\,dx, \qquad (y_1 > y > y_2)$$

$$y_2 = F(x) - \int_a^x \varphi_1(x)\,dx.$$

Les trois cordes AB_1, AB, AB_2 seront infiniment voisines, AB sera en dessous de AB_1 et au-dessus de AB_2. Mais, en vertu du théorème VI, la dérivée seconde généralisée supérieure de y_1 sera plus grande que celle de $F(x)$ diminuée de $f(x)$, elle sera donc positive. De même la dérivée seconde généralisée inférieure de y_2 sera négative.

Appliquons donc le théorème I; l'arc AM_1B_1 est en dessous de sa corde et l'arc AM_2B_2 est au-dessus de la sienne. Donc l'arc intermédiaire AMB est *a fortiori* compris entre les deux cordes AB_1 et AB_2.

Ainsi l'arc AMB, qui est invariable et compris entre deux droites infiniment voisines de part et d'autre de la droite AB, ne peut différer de cette droite. Soit $y = px + q$ l'équation de AB, on aura donc

$$F(x) - \int_a^x dx \int_a^x f(x)\,dx = px + q,$$

ce qui prouve le théorème.

Théorème VII. — *Si la fonction* f(x) *du théorème précédent n'est pas finie partout, mais devient infinie dans un ensemble* E, *la conclusion du théorème subsistera, pourvu que* F(x) *satisfasse à la condition* (K) (*) *et que l'ensemble* E *n'ait pas la puissance du*

(*) Il suffirait même que cette condition eût lieu dans E.

continu, ou encore ne contienne pas d'ensemble parfait (donc, en particulier, si E est dénombrable).

En effet, nos conclusions de la démonstration précédente touchant les signes des dérivées secondes des fonctions y_1 et y_2 ne pourraient tomber en défaut que dans l'ensemble E. Mais, en vertu du théorème II, cela ne peut modifier la situation relative des arcs et des cordes considérés dans la démonstration précédente. Donc les conclusions subsistent.

Remarque. — Si les hypothèses de l'un des deux théorèmes précédents ont lieu, il en résulte que $F(x)$ aura partout une dérivée première continue et aura presque partout (*) une dérivée seconde, à savoir respectivement :

$$F'(x) = \int_a^x f(x)\,dx + p \quad \text{et} \quad F''(x) = f(x).$$

5. — Nous passons maintenant à l'application des théorèmes précédents aux séries trigonométriques (**).

Soit une série trigonométrique quelconque, convergente ou non,

$$\sum_0^\infty A_n = \sum_0^\infty (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx),$$

dans laquelle α_n et β_n ont pour limite 0 pour n infini.

Posons

$$F(x) = A_0 \frac{x^2}{2} - \sum_1^\infty \frac{A_n}{n^2}.$$

On sait que $F(x)$ est une fonction toujours continue de x et satisfaisant à la condition (K), car on a

$$\lim_{h=0} \left[\frac{F(x+h) - F(x)}{h} - \frac{F(x-h) - F(x)}{-h} \right] = 0.$$

(*) C'est-à-dire, sauf pour un ensemble de points de mesure nulle. La locution est de M. Lebesgue.

(**) On trouvera une exposition détaillée de la théorie de ces séries dans le tome II de notre *Cours d'analyse* (2e édit., 1912).

On sait aussi que $F(x)$ a pour dérivée seconde généralisée ΣA_n en tout point de convergence de cette série.

Ce résultat dû à Riemann joue le rôle essentiel dans les démonstrations proposées jusqu'ici de l'unicité du développement trigonométrique. Il est remarquable que ce résultat nous soit inutile.

Nous lui substituons la proposition suivante, qui, d'ailleurs, se démontre d'une manière analogue.

Théorème VIII. — *Soit* S_n *la somme des* n *premiers termes de* ΣA_n. *Si, pour une valeur donnée de* x, S_n *est bornée quel que soit* n, *l'expression*

$$\frac{\Delta^2 F}{h^2} = 2\sum_0^\infty A_n \frac{1 - \cos nh}{(nh)^2}$$

le restera aussi quand h *tendra vers* 0, *et ses limites d'indétermination ne surpasseront pas en valeur absolue l'expression* kS, *où* k *est un facteur numérique indépendant de* x *et* S *la plus grande limite de* $|S_n|$.

En effet, en y remplaçant A_n par $S_n - S_{n-1}$, l'expression considérée prend la forme

$$2\sum_n S_n \left[\frac{1 - \cos nh}{n^2h^2} - \frac{1 - \cos(n+1)h}{(n+1)^2h^2}\right].$$

Tous les termes de cette somme tendent vers 0 avec h. Pour en trouver les limites, il n'y a donc pas lieu de tenir compte des termes dont l'indice n est inférieur à un nombre fixe si grand soit-il. Ces limites ne surpasseront donc pas, en valeur absolue, l'expression

$$2\sum_n S \left| \int_{nh}^{(n+1)h} d\left(\frac{1 - \cos x}{x^2}\right) \right| < 2S \int_0^\infty \left| d\left(\frac{1 - \cos x}{x^2}\right) \right|$$

ce qui prouve la proposition.

Nous pouvons maintenant établir le théorème que nous avons annoncé au début du mémoire.

Théorème IX. — *Si les plus grande et plus petite limites de* S_n *sont des fonctions sommables de* x, *finies sauf peut-être dans un ensemble* E, *la série trigonométrique sera la série de Fourier de chacune des deux dérivées secondes généralisées (supérieure ou inférieure) de* F(x), *pourvu que l'ensemble* E *n'ait pas la puissance du continu ou ne contienne pas d'ensemble parfait.*

Soient $\psi_1(x)$ et $\psi_2(x)$ les limites d'indétermination (fonctions de x) de S_n quand n tend vers l'infini. Supposons-les d'abord finies en chaque point. Alors les fonctions $|\psi_1|$ et $|\psi_2|$ sont aussi finies et sommables.

Les dérivées secondes généralisées supérieure et inférieure de $F(x)$ sont les limites d'indétermination $\varphi_1(x)$ et $\varphi_2(x)$ du quotient $\Delta^2 F : h^2$, où h tend vers 0. Ces fonctions φ_1 et φ_2 sont mesurables, elles sont de plus finies et sommables, parce qu'elles ne peuvent surpasser en valeur absolue la fonction sommable $k|\psi_1| + k|\psi_2|$, en vertu du théorème précédent.

On peut maintenant appliquer le théorème VI en prenant $f(x)$ égale à $\varphi_1(x)$, par exemple. Il vient ainsi

$$F(x) = \int_a^x dx \int_a^x f(x)\,dx + px + q, \qquad F'(x) = \int_a^x f(x)\,dx + p.$$

Soient a_m et b_m les constantes de Fourier de $f(x)$, à savoir

$$a_m = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)\cos mx\,dx, \qquad b_m = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)\sin mx\,dx.$$

On peut multiplier par $\frac{1}{\pi}\cos mx\,dx$ les deux membres extrêmes des égalités

$$\Delta^2 F(x) = \int_0^h [F'(x+t) - F'(x-t)]\,dt = \int_0^h dt \int_{-t}^{t} f(x+u)\,du,$$

puis intégrer par rapport à x de 0 à 2π sous le signe $\int$.

Si l'on observe que, $f(x)$ étant périodique, on a

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x+u)\cos mx\,dx = \frac{1}{\pi}\int_u^{2\pi} f(x)\left[\cos mx \cos mu + \sin mx \sin mu\right] dx$$

$$= a_m \cos mu + b_m \sin mu,$$

il vient ainsi (l'intégrale de $\sin mu$ s'annulant entre $-t$ et $+t$)

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \Delta^2 F(x)\cos mx\,dx = a_m \int_0^h dt \int_{-t}^{t} \cos mu\,du$$

$$= 2\frac{a_m}{m}\int_0^h \sin mt\,dt = 2\frac{a_m}{m^2}(1-\cos mh).$$

D'autre part, en remplaçant $\Delta^2 F(x)$ par son développement uniformément convergent

$$\Delta^2 F(x) = 2\sum \frac{\alpha_m \cos mx + \beta_m \sin mu}{m^2}(1-\cos mh),$$

on trouve comme valeur de la même intégrale

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \Delta^2 F(x)\cos mx\,dx = 2\frac{\alpha_m}{m^2}(1-\cos mh).$$

Comparant les deux résultats, il vient

$$\alpha_m = a_m, \qquad \text{de même} \qquad \beta_m = b_m.$$

Donc la série considérée est une série de Fourier.

Si les fonctions ψ_1 et ψ_2 devenaient infinies dans un ensemble E ne contenant pas d'ensemble parfait, la démonstration subsisterait à condition de remplacer le théorème VI par le théorème VII.

15. — C'est surtout le théorème qui précède que nous avions en vue d'obtenir. Toutefois il y a lieu d'observer que nous avons démontré, en même temps, le théorème suivant qui est plus précis :

Théorème X. — *Toute série trigonométrique sommable par le procédé Riemann et dont la somme ainsi calculée est finie et sommable est une série de Fourier.*

Plus généralement, si la somme ainsi calculee n'est pas partout déterminée, mais que la fonction f(x), *égale à la plus petite en valeur absolue de ses deux limites d'indétermination en chaque point, soit finie et sommable, la série sera la série de Fourier de* f(x).

Enfin (le terme général tendant vers 0) *la conclusion subsiste encore si* f(x) *est infinie dans un ensemble* E, *pourvu que cet ensemble n'ait pas la puissance du continu ou ne contienne pas d'ensemble parfait.*

D'ailleurs, si ces conditions sont réalisées, la série sera sommable par le procédé de Riemann, sauf dans un ensemble de mesure nulle, car il en est ainsi pour toute série de Fourier.

Remarque. — M. Lebesgue a montré qu'une fonction sommable admet toujours un développement trigonométrique, celui de Fourier, susceptible d'être sommé par le procédé de Riemann presque partout. Si elle en admet un autre susceptible du même procédé, la différence sera encore une série trigonométrique sommable par le procédé de Riemann et ayant pour somme 0 presque partout. Si le développement n'est pas identiquement nul, il faudra, d'après ce qui précède (théorème VII), qu'il donne par le procédé de Riemann une somme infinie dans un ensemble contenant un ensemble parfait.

On est ainsi conduit à se demander s'il est possible de former une série trigonométrique non identiquement nulle et ayant pour somme 0 presque partout quand on emploie le procédé de Riemann. Il est facile de voir que oui. Soit, en effet, $\varphi(x)$ une fonction continue à variation bornée ayant pour dérivée 0 presque partout (*). Elle est développable en série de Fourier uniformément convergente que nous pouvons écrire comme il suit :

$$\varphi(x) = \alpha_0 + \sum_1^\infty \frac{\alpha_n \sin nx - \beta_n \cos nx}{n}.$$

Posons

$$\mathrm{F}(x) = -\sum_1^\infty \frac{\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx}{n^2};$$

$\mathrm{F}(x)$ aura partout $\varphi(x) - \alpha_0$ pour dérivée première et presque partout 0 pour dérivée seconde. Or, on a

$$\frac{\Delta^2 \mathrm{F}(x)}{h^2} = 2 \sum_1^\infty (\alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx) \frac{1 - \cos nh}{n^2 h^2}.$$

Donc la série trigonométrique, non identiquement nulle,

$$\sum_1^\infty \alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx,$$

sommée par le procédé de Riemann, a pour somme 0 presque partout. Ce n'est donc certainement pas une série de Fourier. Toutefois il demeure douteux que α_n et β_n tendent vers 0 dans cette série et *a fortiori* que la série converge.

(*) Il est facile de définir une telle fonction. Soit E un ensemble parfait non dense de mesure nulle. Faisons correspondre, dans l'ordre, les points rationnels de l'intervalle (0,1) aux intervalles contigus à E. Définissons la fonction $\varphi(x)$ en donnant à φ la valeur rationnelle correspondante quand x tombe dans un intervalle contigu à E, et en lui donnant la valeur irrationnelle limite des précédentes quand x, étant un point de E, est limite d'intervalles contigus à E. La fonction $\varphi(x)$ sera continue, elle sera constante dans les intervalles contigus à E, donc sa dérivée sera nulle dans ces intervalles, c'est-à-dire presque partout.

Chimie. — Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires,

par F. SCHWERS, docteur en sciences.

Le présent travail est destiné à apporter quelques données expérimentales nouvelles concernant la polarisation rotatoire magnétique des mélanges binaires et à faire quelques corrections à la note préliminaire que j'ai publiée à ce sujet il y a deux ans (*). J'ai eu la bonne fortune de pouvoir me servir des appareils employés par feu Sir William H. Perkin et je dois mes plus vifs remerciements à son fils, le Dr F. Mollwo Perkin, pour l'amabilité qu'il a eue de mettre son laboratoire à ma disposition.

Appareils. — Le polarimètre employé est celui qui a été spécialement construit par Hilger et décrit par Perkin en 1896 (**). Pour obtenir la pénombre, je me suis servi du dispositif recommandé par Perkin, consistant à produire le champ triple avec une cellule en verre renfermant une solution de sucre : une pièce de verre placée dans le sens de sa section occupe le milieu du champ et diminue à cet endroit l'épaisseur de la solution de sucre que la lumière est obligée de traverser (pour les détails, voir le travail cité de Perkin).

Le solénoïde employé pour produire le champ magnétique est celui que Perkin a décrit en 1906 (***). Mais des changements ont dû être faits dans l'installation, parce que je n'avais plus à ma

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1910, p. 850.

(**) *Journ. Chem. Society, Tr.*, t. LXIX, p. 1027.

(***) *Journ. Chem. Society, Tr.*, t. LXXXIX, p. 609.

disposition les vingt-huit cellules de Grove qui servaient antérieurement de source électrique. Le laboratoire possède maintenant pour produire du courant une dynamo mise en marche par un moteur à essence, pouvant donner au maximum 16 ampères à 250 volts. J'ai cherché, d'une part, à utiliser le plus de courant possible pour obtenir un champ magnétique intense, et, d'autre part, à réduire le courant suffisamment pour que les variations continuelles d'intensité — auxquelles donne lieu tout moteur à explosion — n'affectent pas trop sa constance. J'ai constaté que ces desiderata étaient satisfaits autant que faire se pouvait en utilisant un courant de 8 ampères. Le circuit renfermait environ 20 ohms de résistance en fil de manganine, dont une partie pouvait être réglée à volonté. Le solénoïde avait été construit en deux parties séparées concentriques, que l'on pouvait coupler en série ou en parallèle. Ce dernier mode de couplage était celui qu'employait Perkin : il s'y était vu obligé à cause du faible voltage dont il disposait (une cinquantaine de volts). Avec un courant de 250 volts, je pouvais naturellement raccorder les deux moitiés de la bobine en série : j'augmentais par là l'intensité de mon champ magnétique et obtenais avec 8 ampères un angle de rotation plus grand que Perkin avec 12 ampères.

Une innovation très heureuse a été apportée par l'application d'une nouvelle méthode de réduction au 0 pour la lecture du courant; cette méthode — encore inédite — m'a été bienveillamment communiquée par son auteur, M. le D^r T. Martin Lowry. On trouvera des détails à ce sujet dans le travail de Lowry qui est sous presse et je n'en donnerai ici que le principe général. Il consiste à faire varier les résistances réglables du circuit de façon à travailler toujours avec un courant de même intensité. Pour pouvoir repérer ce courant, on établit sur une portion des résistances un shunt dans lequel on dispose en série un élément étalon au cadmium et un galvanomètre. Le courant produit par l'élément au cadmium doit être disposé en sens inverse de celui du courant principal ; par tâtonnements, on règle la longueur du shunt de telle façon que pour le courant que l'on emploie la déviation du galvanomètre soit nulle. Une fois qu'on a déterminé les deux points du courant entre lesquels il convient de placer le shunt, on soude les joints et l'on fixe une fois pour toutes le galvanomètre dans une position déterminée. L'échelle du galvanomètre pourra consister en une bande de papier appliquée sur le mur à distance convenable et qui, pour toute graduation, portera simplement un repère à la position 0 du galvanomètre. C'est à cette position qu'il faut ramener constamment le trait lumineux s'il venait à en dévier par suite de variations du courant : ceci se fait en changeant la résistance du circuit. Ce dispositif dispense de mesurer dans chaque cas la position exacte du galvanomètre et de ramener par le calcul toutes les données à une même quantité de courant : il importe même peu de connaître exactement l'intensité du champ, puisque les mesures de rotation magnétique ne sont que comparatives. Il suffit que le galvanomètre soit suffisamment sensible pour dévier à la moindre variation de courant.

Un autre perfectionnement a été introduit par l'emploi comme source lumineuse d'une lampe à mercure. C'est à raison que cette lumière a été recommandée par Disch (*), Lowry (**), Darmois (***) et autres pour les mesures de polarisation circulaire et magnétique, à cause de son pouvoir éclairant intense. Je disposais d'une lampe en quartz de 250 volts, pouvant supporter 3,5 ampères. J'ai établi un second circuit parallèlement au premier en y introduisant comme résistances des lampes à incandescence. Avec une intensité de 1,5 ampère, la lampe à mercure s'allumait facilement, et, quand elle était chaude, on pouvait encore réduire cette intensité de moitié sans qu'elle s'éteignît. Comme le courant, en traversant la lampe à

(*) *Ann. d. Physik,* 12 (1903), 1155.

(**) *Proceed. Roy. Soc.*, 1908.

(***) *Ann. chim. phys.* (8), t. XXII, 1911, 261.

mercure, subit de fréquentes oscillations, il y avait tout intérêt à diminuer autant que possible son intensité : des variations dans ce second circuit pouvaient en effet influencer le courant principal, vu que la source d'électricité était très limitée.

La lumière de la lampe à mercure, après avoir traversé le polarisateur, le tube renfermant le liquide, l'appareil à pénombre et l'analyseur, est filtrée à travers un prisme à vision directe, selon la méthode inventée par Perkin (*) : au voisinage de l'extinction, on voit alors apparaître d'une façon nette trois cercles, respectivement jaune, vert clair et violet, que l'on met au point l'un après l'autre (la raie bleue ne donne pas de lumière suffisamment intense pour pouvoir être déterminée). Parmi ces trois raies, la jaune est double ($\lambda = 579$ et 577 $\mu\mu$) ; on peut distinguer nettement les deux cercles presque juxtaposés, mais la mise au point est incertaine et inexacte. Je me suis donc servi seulement du vert clair et du violet ($\lambda = 546$ et 436 $\mu\mu$) : cela me suffisait, parce qu'il ne s'agissait pas pour moi de faire une étude de la dispersion (**), encore moins de rechercher des anomalies du pouvoir dispersif, mais simplement de voir comment variait dans les mélanges binaires la « constante de rotation » en fonction de la longueur d'onde. J'y ai encore ajouté la raie D du sodium ($\lambda = 589{,}3$ $\mu\mu$) ; elle est un peu trop voisine de la raie verte pour nous apprendre beaucoup de neuf, mais, vu son emploi fréquent, elle sert utilement comme point de comparaison avec les expériences précédentes.

Les tubes destinés à contenir les liquides sont les mêmes que ceux utilisés par Perkin. Je dirai seulement que je me suis servi des plus longs dont je pouvais disposer (175 mm.), afin d'avoir un angle de rotation plus grand, et que j'ai employé autant que possible le même tube pour une série déterminée d'essais, afin d'être bien certain d'avoir des mesures comparables.

(*) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, 1906, t. LXXXIX, 615.

(**) Pour l'étude de la dispersion, il serait très recommandable d'user du perfectionnement apporté par Lowry, permettant de ne porter sur le champ visuel qu'une seule espèce de lumière à la fois.

Nomenclature. — Quelques mots seront nécessaires pour s'entendre sur la façon de représenter les résultats : en effet, il n'y a pas un mode de désignation déterminé qui s'impose, comme pour l'indice de réfraction, mais les données doivent se rapporter à un point de départ qui est forcément arbitraire. La façon la plus logique serait de déterminer dans chaque cas la « constante de Verdet », soit la rotation d'un centimètre de la substance dans un champ magnétique d'intensité 1. Mais ce mode de représentation oblige à des calculs parfaitement inutiles pour ce qui nous occupe. Il est plus simple de prendre l'eau comme unité, substance qui sert de norme dans le cas de nombreuses autres propriétés et que beaucoup d'auteurs ont adoptée également pour la rotation magnétique. Mais cela ne suffit pas : il faut en tout cas choisir arbitrairement une longueur d'onde devant servir de base. Malgré le grand nombre de savants qui ont rapporté leurs mesures à la raie du sodium, il serait très désirable de l'abandonner à cause de l'impureté de cette lumière ; Schönrock a montré (*) que l'emploi de méthodes différentes pour la purification de la raie du sodium donne des erreurs atteignant 1 °/₀. La raie verte de Fraunhofer ($\lambda = 527\ \mu\mu$), employée par Verdet (**), est déjà préférable, mais l'intensité et la pureté de la raie verte du mercure ($\lambda = 546\ \mu\mu$) imposent celle-ci pour les mesures à venir : ce sera donc la rotation de l'eau pour cette raie qui, dans mes essais, sera représentée par 1. Quant à la température, j'ai choisi 4°, comme pour la densité ; toutefois je ne veux pas impliquer par là qu'un maximum de rotation — pourtant vraisemblable — se trouve précisément à cette température. L'imprécision forcée des mesures de rotation magnétique empêche une telle vérification ; il ressort seulement des mesures de Rodger et Watson (***) que la courbe des r_t est sensiblement parallèle à l'axe des abscisses entre

---

(*) *Graham-Otto Lehrbuch der Chemie*, 1898, I. Abt., 3, 784.

(**) *Comptes rendus* (1862), 630 ; *Ann. chim. phys.* (3), 69, (1863), 415.

(***) *Phil. Trans.*, 1895. 625.

0° et 4°; en pratique, leurs nombres peuvent donc aussi se rapporter à 4°.

Je dirai également quelques mots au sujet d'une autre question de nomenclature. La rotation magnétique d'une substance par rapport à l'eau est appelée par Perkin « rotation spécifique ». Schönrock, par contre, dans son premier travail (*), applique ce terme au quotient de la rotation par la densité $\frac{r}{d}$, par analogie avec l'expression $\frac{n-1}{d}$, communément désignée sous le nom de « réfraction spécifique ». Plus tard, Schönrock (voir Graham-Otto et Tables de Landolt) laisse entièrement tomber l'expression de « rotation spécifique » et ne conserve que la désignation de « rotation moléculaire » pour l'expression $\frac{r \times M}{d}$. Je suis également d'avis de ne pas maintenir le terme « rotation spécifique »; non seulement l'analogie avec la « réfraction spécifique » $\frac{n-1}{d}$ n'est pas complète, mais il est absolument inutile de désigner d'une façon spéciale le rapport $\frac{r}{d}$, qui ne correspond à rien de précis au point de vue physique. Il est encore moins recommandable, à cause des confusions possibles, de se servir de l'expression « rotation spécifique » pour désigner ce qu'il vaut mieux appeler « rotation magnétique observée » ou simplement « rotation magnétique ».

Considérations théoriques sur la rotation magnétique des mélanges binaires.

S'il est vrai que de nombreux auteurs ont déjà examiné la rotation magnétique de solutions, ce n'est pourtant pas l'étude même des mélanges binaires qui les a guidés dans cet examen. Il s'agissait en général pour eux de montrer jusqu'à quel point

---

(*) *Zeit. phys. Chem.*, 16 (1895), 31.

on pouvait, en partant de la rotation moléculaire d'un corps en solution, déduire celle du corps pur : on pouvait ainsi, par la mise en solution dans un solvant approprié, étudier les corps ne permettant point un examen direct aisé (substances à point d'ébullition bas ou à point de fusion élevé). Ou bien il s'agissait de discuter l'influence de la dissociation électrolytique sur la valeur de la rotation magnétique; ou bien encore l'influence de la nature du solvant, etc. Toutefois, Perkin, dans son grand travail de 1896, a écrit un chapitre intéressant sur la rotation des mélanges (pp. 1052-1058), où il les étudie dans le but défini de vérifier quelques vues théoriques. Il avait constaté que si dans un composé à forte rotation on introduit un groupement à faible rotation, le nouveau composé obtenu possède souvent une rotation plus faible que l'on ne pouvait s'y attendre du fait de ce déplacement. Cette constatation amena Perkin à examiner les mélanges de deux liquides ayant tantôt des rotations presque identiques, tantôt des rotations très différentes. Par l'étude de onze mélanges non aqueux, il arrive à la conclusion que la valeur de la rotation *moléculaire* observée se confond avec la valeur théorique lorsque les substances en mélange ont des rotations peu différentes. Par contre, pour les mélanges d'un liquide à forte avec un liquide à faible rotation, il y a diminution de la rotation moléculaire vis-à-vis du nombre théorique, de sorte que les choses se passent comme si le rayon polarisé suivait le chemin le plus court en passant de préférence par les molécules à faible pouvoir rotatoire. Perkin se contente de déduire de cette constatation le but pratique suivant : c'est que le solvant le plus convenable pour l'examen d'une substance en solution sera celui dont la rotation se rapproche le plus de celle de cette substance. Pour les solutions aqueuses et alcooliques examinées au cours de ce travail et dans des articles précédents, Perkin est moins affirmatif et il suppose que souvent le phénomène est compliqué par le fait que l'eau agit en formant des combinaisons moléculaires.

Présentés de cette façon, les phénomènes paraissent en effet confus et peuvent conduire à des conclusions inexactes. Il en est tout autrement si l'on suit la méthode que j'ai inaugurée pour l'indice de réfraction et qui consiste à examiner les changements que l'acte du mélange produit, d'une part, sur la densité, d'autre part, sur la rotation magnétique : on obtient alors une vue différente et beaucoup plus claire du problème. Cet examen a été entrepris dans une note préliminaire (*) au cours de laquelle j'ai discuté les données disponibles glanées dans la littérature; seulement je dois rectifier tout d'abord une erreur qui s'est glissée dans la formule donnant la valeur de la rotation magnétique calculée ou théorique. M'appuyant sur les formules servant à calculer la densité et l'indice de réfraction théorique, et qui sont respectivement

$$d_v = \frac{p_1 + p_2}{\frac{p_1}{d_1} + \frac{p_2}{d_2}} \quad \text{et} \quad n_v = \frac{p_1 + p_2}{\frac{p_1}{n_1} + \frac{p_2}{n_2}},$$

j'avais simplement posé pour la rotation une formule calquée sur les deux précédentes, soit

$$r_v = \frac{p_1 + p_2}{\frac{p_1}{r_1} + \frac{p_2}{r_2}}.$$

N'ayant pas à ce moment de pratique expérimentale concernant la rotation magnétique, je ne m'étais pas suffisamment rendu compte que si c'est le poids relatif de chaque constituant qui détermine la densité et l'indice de réfraction d'un mélange, par contre le seul facteur entrant en jeu dans la rotation magnétique est la *longueur* sous laquelle le liquide est examiné. Ayant montré que la densité ne devait pas intervenir dans la formule, j'avais éliminé la valeur du volume $\left(\frac{1}{d}\right)$; mais j'avais

---

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1910, 850; *Journ. chim. phys.*, 1911, 325.

ainsi éliminé également cette valeur là où elle n'était destinée qu'à donner une mesure de la longueur.

En effet, tant qu'on se sert de tubes ayant toujours même section, il est clair que les liquides y occuperont des longueurs proportionnelles à leur volume ou inversement proportionnelles à leur densité. Mais cette donnée du volume ne devrait pas prendre place dans la discussion du phénomène. Considérons, par exemple, le dispositif employé par Perkin : il donne (p. 1053, fig. 16) un dessin — reproduit ici — d'un tube double, exactement divisé en deux et destiné à l'étude des mélanges. Il constate d'abord que la rotation moléculaire obtenue en plaçant en A une substance 1 et en B une substance 2 correspond exactement à la somme des deux rotations prises isolément, comme on pouvait s'y attendre. Puis le mélange des deux substances est fait à volumes égaux, la solution placée dans l'une et l'autre moitié et la rotation à nouveau examinée. On peut déjà faire une remarque critique au sujet de l'emploi d'un tube double : c'est que l'intensité du champ magnétique entourant A n'est pas nécessairement exactement la même que celle du champ formé autour de B; et même, dans le cas où le solénoïde a été enroulé de façon très régulière, il faut disposer le tube de façon à faire coïncider le point D exactement avec le milieu de l'axe de l'induit, puisque, en tout cas, le champ n'est pas uniforme. En pratique, on pourrait évidemment s'assurer de l'exactitude des mesures en plaçant le tube successivement dans l'un et l'autre sens : une erreur sensible ne serait à prévoir que dans le cas où A et B renferment des substances à rotation très différente.

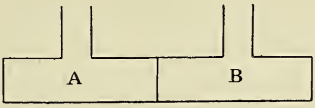


FIG. 1.

Mais un autre point sur lequel je désire attirer l'attention est le suivant : On peut réduire le diamètre d'une moitié du tube double, de A par exemple (fig. 2), sans rien changer à la valeur de la rotation.

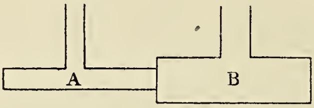


Fig. 2.

C'est que les deux liquides sont examinés sous la même longueur que précédemment. Mais si l'on mélangeait maintenant les quantités contenues dans chaque moitié du tube, on serait loin d'avoir affaire à des volumes égaux de liquides : sur le parcours A + B, le liquide 1 occuperait une longueur bien plus petite que le liquide 2, quel que soit du reste le diamètre et la forme du tube employé. Ce raisonnement est destiné à faire ressortir que, grâce seulement à la circonstance qu'on utilise un tube à diamètre constant, il est permis de se servir des volumes comme mesure des longueurs que chaque liquide occupe dans le tube ; ces volumes eux-mêmes nous seront connus par le poids de chaque substance et par leurs densités respectives. Il est superflu de montrer qu'il est bien plus aisé et plus exact de déterminer un poids de liquide que de mesurer directement son volume ou la portion qu'il occupe de la longueur d'un tube.

La formule détaillée sera donc :

$$r_v = \frac{\frac{p_1}{d_1} r_1 + \frac{p_2}{d_2} r_2}{p_1 + p_2}.$$

Les valeurs de $\frac{p}{d}$ peuvent être remplacées par celles des volumes (v) et des longueurs (l) qu'elles représentent :

$$r_v = \frac{l_1 r_1 + l_2 r_2}{p_1 + p_2},$$

et au dénominateur on pourrait remplacer les °/₀ en poids indifféremment par des °/₀ en volume ou des °/₀ en longueur, vu que leur somme est toujours = 100. *Mais la concentration sera, comme précédemment, exprimée en °/₀ en poids*, puisque les valeurs de $C_r = \frac{r - r_v}{r}$ doivent être comparées à celles de $C_v = \frac{d - d_v}{d}$ et que la densité des mélanges est exprimée en °/₀ en poids.

En usant de la nouvelle formule adoptée, les résultats des calculs faits dans ma note préliminaire devront être modifiés en conséquence. Le résultat général est que certaines de mes conclusions précédentes sont changées : l'ensemble des phénomènes relatifs à la rotation magnétique des mélanges binaires se comporte d'une façon beaucoup plus analogue à la réfraction qu'il ne ressortait de ma note précitée. Mais avant de passer à cet examen, j'exposerai d'abord les résultats de mes nouvelles expériences.

Examen de quelques mélanges binaires dans le sulfure de carbone.

La rotation de l'eau qui sert de terme de comparaison a été déterminée à intervalles réguliers pour s'assurer que le champ magnétique et les autres conditions étaient toujours bien constants. Les valeurs suivantes concordent suffisamment avec celles de Perkin et de Rodger et Watson en ce qui concerne l'influence de la température et avec celles de Verdet et Siertsema (*) en ce qui concerne celle de la dispersion.

t^o	$\lambda = 589{,}3$	546	436
15°4	0,844	0,9985	1,617
29°2	0,842	0,9963	1,613
52°0	0,836	0,9904	1,603

(*) *Archives néerland.* (II), 6, 1901, 830.

Pour le sulfure de carbone, j'ai obtenu :

t°	$\lambda = 589\ 3$	546	436
15°6	2,7305	3.2693	5,843
34°0	2,6483	3.1686	5,655

Ces valeurs concordent également avec celles de Rodger et Watson en ce qui concerne la variation avec la température et avec celles de Verdet et de Becquerel (*) en ce qui concerne la dispersion.

Je passerai maintenant à l'examen des mélanges binaires.

Acide acétique + sulfure de carbone.

La rotation de l'acide acétique pur a été trouvée égale à :

t°	$\lambda = 589,3$	546	436
15°2	0,6675	0,7838	1,2836
32°0	0,6568	0,7712	1,2625

Pour les solutions, la valeur de la rotation théorique r_v a été calculée par la nouvelle formule indiquée plus haut (p. 728). Les valeurs de C_v ont été interpolées de mes expériences publiées récemment (**). Les mélanges examinés ne sont pas dans tous les cas exactement les mêmes que ceux dont j'ai fait l'examen pour la détermination de la densité et de l'indice. Avec des mélanges binaires, où l'un des constituants est aussi volatil que CS_2, il a été reconnu nécessaire de faire au moins un nouveau mélange de chaque système, à titre de comparaison avec les solutions conservées depuis un certain temps. J'ai dû me rendre compte que, dans nombre de cas, la concentration devait avoir changé et qu'il était nécessaire de prendre de grandes

---

(*) *Ann. chim. phys.* (V), 12 (1877), pp. 73-81.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, 528.

précautions, même avec les solutions préparées au moment du besoin, qui changent parfois de teneur rien que par transvasement dans le tube d'observation. Dans le cas d'une nouvelle solution, les valeurs de C_v ont été interpolées de la courbe obtenue au moyen des autres solutions.

Dans une première table, j'indiquerai la concentration, la température des expériences et les valeurs de C_v correspondantes :

	°/o acide.	°/o CS_2.	t°.	C_v.
I.	77,605	22.395	16°0	-1,655
II.	61,284	38,716	16°8	-2,215
III.	50,354	49,646	15°5	-2,280
IV.	12,076	87,924	15°2	-1,180

Une seconde table donnera les valeurs de la rotation pour les trois longueurs d'onde employées et le calcul Z :

	$r_{589,3}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	0,9894	1,0649	1,0763	-7,63	*0,217*
II.	1,2503	1,3769	1,1013	-10,13	*0,219*
III.	1,4431	1,5926	1,1036	-10,36	*0,220*
IV.	2,3154	2,4392	1,0535	-5,35	*0,221*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,1695	1,2626	1,0796	-7,96	*0,208*
II.	1,4820	1,6383	1,1030	-10,30	*0,210*
III.	1,7117	1,8983	1,1090	-10,90	*0,209*
IV.	2,7596	2,9182	1,0575	-5.75	*0,205*

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,9648	2,1619	1,1003	-10,03	*0,165*
II.	2,5171	2,8511	1,1327	-13,27	*0,167*
III.	2,9303	3,3227	1,1356	-13,56	*0,168*
IV.	4,8601	5,1993	1,0698	-6,98	*0,169*

Comme on le voit, les valeurs de rotation observées sont notablement plus faibles que les valeurs calculées correspondantes. La « dilatation » de la rotation magnétique atteint parfois près de 14 °/₀ de sa valeur totale. Cette circonstance est naturellement très favorable à l'examen et permet d'arriver à de bons résultats. La valeur de $\frac{C_v}{C_r} = Z$, que j'ai désignée par « constante de rotation », est en moyenne *0,219* pour la raie D, *0,208* pour la raie verte et *0,167* pour la raie violette. On remarquera que la valeur de la constante diminue au fur et à mesure que l'on considère des longueurs d'onde plus petites : l'analogie avec la réfraction est complète, et je renverrai aux remarques théoriques que j'ai faites précédemment à ce sujet (*).

Acide isobutyrique + sulfure de carbone.

L'acide pur donne comme valeurs de rotation :

$t°$.	589.3	546	436
15°0	0,732	0,8530	1,412
31°8	0,719	0,8376	1,386

Pour les solutions, on a :

	°/₀ acide.	°/₀ CS_2.	$t°$.	C_v.
I.	49,112	50,888	14°9	-1,305
II.	45,276	54,724	14°6	-1,338
III.	20,336	79,664	14°5	-0,915

	$r_{589,3}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,4908	1,6098	1,0798	-7,98	*0,163*
II.	1,5570	1,6872	1,0836	-8,36	*0,160*
III.	2,1022	2,2210	1,0565	-5,65	*0,162*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,7599	1,9145	1,0878	-8.78	*0,149*
II.	1,8279	1,9898	1,0886	-8,86	*0,151*
III.	2,5097	2,6627	1,0610	-6,10	*0,150*

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 67.

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	3,0113	3,3696	1,1190	-11,90	*0,110*
II.	3,1586	3,5300	1,1176	-11,76	*0,114*
III.	4,3735	4,7308	1,0817	-8,17	*0,112*

Dans ce cas-ci, la constante est encore plus faible que dans le cas précédent, c'est-à-dire que la diminution de la rotation est relativement plus forte que la diminution de la densité. Les moyennes sont : *0,161* (D), *0,150* (vert) et *0,112* (violet).

Acide isovalérianique + sulfure de carbone.

La rotation de l'acide isovalérianique employé est la suivante :

t°	589,3	546	436
15°0	0,7788	0,9155	1,4932
33°9	0,7628	0,8958	1,4568

Pour les solutions dans le sulfure de carbone, j'ai obtenu les résultats suivants :

	°/o acide.	°/o CS_2.	*t°*.	C_v.
I.	63,543	36,457	17°1	-0,920
II.	50,099	49.901	15°4	-1,030
III.	46,203	53,797	16°4	-1,063
IV.	32,725	67,275	15°8	-0,975

	$r_{589,3}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,2706	1,3657	1,0748	-7,48	*0,123*
II.	1,4952	1,6161	1,0809	-8,09	*0,127*
III.	1,5568	1,6891	1,0850	-8,50	*0,125*
IV.	1,8244	1,9645	1,0768	-7,68	*0,127*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,5063	1,6226	1,0772	-7,72	*0,119*
II.	1,7704	1,9253	1,0875	-8,75	*0,118*
III.	1,8494	2,0133	1,0886	-8,86	*0,120*
IV.	2,1705	2,3454	1,0806	-8,06	*0,121*

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	2,5585	2,8000	1,0944	-9,44	*0,097*
II.	3,0392	3,3594	1,1053	-10,53	*0,098*
III.	3,1907	3,5218	1,1038	-10,38	*0,102*
IV.	3,7628	4,1357	1,0991	-9,91	*0,099*

Les moyennes de Z — respectivement *0,126, 0,120* et *0,099* — sont encore plus petites que pour le système précédent : acide isobutyrique + sulfure de carbone.

Cette série de mélanges d'acides gras avec CS_2, tout en étant incomplète, suffit pour que l'on puisse affirmer que, si l'on considère les mélanges de sulfure de carbone avec une série organique, *la valeur de la constante de rotation Z diminue au fur et à mesure que l'on avance dans la série,* tout comme cela se passe pour la valeur de la constante de réfraction A.

Si par comparaison avec les acides isobutyrique et isovalérianique, on examinait les acides normaux correspondants, il est à prévoir que leurs mélanges avec le sulfure de carbone donneraient des valeurs de Z du même ordre de grandeur, probablement légèrement plus faibles, si l'on raisonne par analogie avec ce qui se passe pour la constante de réfraction (*). Cette vérification mériterait d'être faite.

Alcool isobutylique + sulfure de carbone.

Ce système, précédemment examiné pour la réfraction, a été soumis à l'examen en vue de déterminer sa constante de rotation. L'alcool pur m'a donné :

t°	589,3	546	436
16°1	0,8165	0,9582	1,5700
55°2	0,7758	0,9100	1,4877

La table donnant les résultats relatifs aux mélanges montre

(*) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, 31.

que la constante de rotation est très petite : elle est respectivement *0,117, 0,107* et *0,084* pour les trois raies employées.

	°/o acide.	°/o CS_2.	t°.	C_v.
I.	75,360	24.640	16°5	-0,570
II.	50,080	49,920	15°7	-0,731
III.	15,803	84,197	16°0	-0.542

	$r_{589,3}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I	1,0924	1,1450	1,0481	-4,81	*0,118*
II.	1,4657	1,5589	1,0636	-6,36	*0,115*
III.	2,1915	2.2930	1,0463	-4,63	*0,117*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,2867	1,3549	1,0530	-5,30	*0,108*
II.	1,7333	1,8347	1,0700	-7,00	*0,104*
III.	2,6111	2,7407	1,0496	-4.96	*0,109*

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	2,1639	2,3033	1,0644	-6,44	*0,088*
II.	2,9629	3,2272	1,0892	-8,92	*0,082*
III.	4,5634	4,8611	1,0652	-6,52	*0,085*

Ces valeurs sont plus faibles que pour l'acide gras correspondant, et c'est aussi ce qu'on a observé pour la constante de réfraction : l'acide isobutyrique donne la valeur de 0,9 dans ses mélanges avec le sulfure de carbone, l'alcool isobutylique seulement 0,5. Si la proportionnalité n'est pas complète avec la constante de rotation, on constate du moins que les deux phénomènes présentent la même allure.

Nitrate d'éthyle + sulfure de carbone.

Ce système a été examiné par Perkin (*). La rotation observée était donnée pour la solution 1 ; pour la seconde, j'ai dû la calculer en partant de la valeur de la rotation moléculaire. Dans la table qui va suivre, l'unité employée est celle de Perkin, c'est-à-dire l'eau pour la raie D ; du reste, dans tous les cas où j'ai rapporté des données d'autres auteurs, j'ai conservé leur notation telle quelle.

°/₀ $EtNO_3$.	°/₀ CS_2.	r_D.	r_v.	$r_v : r$	C_r.	C_v.	Z.
100,000	0,000	0,6845	0,68450	1,00000	0,000		
46,733	53,267	1,7907	1,96735	1,09865	-9,865	-1,583	*0,161*
30,497	69,503	2,2239	2,39483	1,07686	-7,686	-1,405	*0,183*
0,000	100,000	3,2502	3,25020	1,00000	0,000		

Les deux résultats peuvent être considérés comme assez concordants, la moyenne de Z étant *0,172*. Comme dans d'autres mélanges avec le sulfure de carbone, il y a une forte dilatation de la rotation et la valeur de Z est faible. C'est le seul terme examiné parmi les nitrates d'alkyle ; on doit s'attendre à une diminution de Z pour les termes supérieurs.

C'est le moment de revenir un instant sur la différence que Perkin a cherché à établir entre les mélanges de liquides ayant des valeurs de rotation voisines et ceux qui ont des rotations très différentes, comme c'est le cas pour les systèmes qui nous ont occupés jusqu'à présent. Si l'on se sert de sulfure de carbone comme exemple d'un liquide à forte rotation, il est maintenant bien clair que l'on obtiendra des valeurs trop faibles pour la rotation moléculaire, attendu que la rotation subit une dilatation très grande par rapport à celle que subit la densité. Mais de tels mélanges ne présentent aucune différence

---

(*) *Journ. Chem. Soc.*, *Tr.*, LXIX (1896), p. 1054.

essentielle avec ceux qui sont formés par des liquides ayant des valeurs de rotation voisines, et qui vont être examinés dans ce qui suit.

Solutions aqueuses.

Les résultats signalés pour les mélanges d'acides dans le sulfure de carbone, montrant que Z (tout comme A) diminue dans une série organique, contredisent ceux de ma note précédente sur les solutions aqueuses, où j'avais conclu à une augmentation de Z. Je me hâte de dire que la contradiction n'est pas réelle et résulte simplement de ce que j'ai employé il y a deux ans une formule inexacte pour le calcul de r_v, comme je l'ai montré dans mon introduction. Je passerai donc de nouveau en revue les solutions aqueuses déjà examinées, en les complétant par des travaux plus récents et par des expériences personnelles.

I. — MONOLS.

1. — *Alcool méthylique + eau.*

Ces mélanges ont été examinés à neuf titres par M. Thouvenot (*) ; les données numériques ont été calculées selon les formules connues, et il appert de la table qui va suivre que la valeur obtenue pour Z (oscillant autour de 0,88) est remarquablement constante eu égard aux difficultés des expériences de rotation. Seules les expériences II et IX s'écartent assez sensiblement de la moyenne. Une solution a été omise, pour laquelle l'indication de l'angle de rotation est manifestement erronée : elle ne renferme du reste que 5,21 °/₀ d'alcool, et il est bien évident que ce sont les solutions les plus diluées qui offrent le plus de risques d'erreurs. Je n'ai rien changé à la façon dont l'auteur a représenté les valeurs de *r* (en degrés d'arc).

(*) Thèse, Nancy, 1910, p. 46.

°/o alcool.	°/o eau.	$r_{\mathrm{D}}25°$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
100,000	0,000	4°815	4°8150	1,00000	0,000		
89,896	10,104	4°691	4°6428	0,98972	1,028	0,894	*0,870*
81,370	18,630	4°583	4°5042	0,98281	1,719	1,714	*0,996*
70,136	29,864	4°459	4°3305	0,97118	2,882	2,661	*0,923*
61,596	38,404	4°369	4°2047	0,96216	3,784	3,171	*0,841*
49,325	50,675	4°[illegible]98	4°0326	0,96061	3,939	3,532	*0,897*
38,278	61,722	4°043	3°8860	0,96116	3,884	3,458	*0,890*
31,614	68,386	3°950	3°8006	0,96218	3,782	3,262	*0,863*
21,837	78,163	3°799	3°6808	0,96888	3,112	2,677	*0,860*
12,394	87,606	3°657	3°5695	0,97606	2,394	1,813	*0,757*
0,000	100,000	3°430	3°4300	1,00000	0,000		

2. — *Alcool éthylique + eau.*

Pour ce système, également calculé d'après les essais de Thouvenot (*), la concordance est un peu moins bonne ; néanmoins la moyenne de Z, soit *0,84*, est nettement inférieure à celle qui a été trouvée pour le système précédent. Les résultats les meilleurs sont ceux des solutions à concentration moyenne, comme on devait s'y attendre ; pourtant il est curieux de constater que les solutions à valeurs de Z assez disparate (I, II, III, VII et X) ont une moyenne (= 0,845) sensiblement égale à celle des autres solutions beaucoup plus concordantes entre elles (moyenne = 0,834).

°/o alcool.	°/o eau.	$r_{\mathrm{D}}25°$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
100,00	0,00	4°815	4°8150	1,00000	0,000		
92,458	7,542	4°796	4°7474	0,98988	1,012	0,688	*0,680*
85,06	14,94	4°762	4°6837	0,98356	1,644	1,541	*0,937*
79,57	20,43	4°740	4°6380	0,97848	2,152	2,159	*1,003*
69,96	30,04	4°729	4°5610	0,96447	3,553	2,978	*0,838*
58,41	41,59	4 659	4°4732	0,96011	3,989	3,315	*0,831*
49,67	50,33	4°597	4°4095	0,95921	4,079	3,436	*0,842*
37,24	62,76	4°477	4°3243	0,96587	3,413	3,168	*0,928*
30,46	69,54	4°432	4°2817	0 96608	3,392	2,907	*0,857*
20,50	79,50	4°332	4°2166	0,97335	2,665	2,135	*0,801*
11,02	88,98	4°256	4°1590	0,97720	2,280	1,533	*0,672*
0,00	100,00	4°095	4°0950	1,00000	0,000		

(*) *Loc. cit.*, p. 48.

Ce système avait déjà été examiné précédemment à trois reprises, mais chaque fois à un seul titre. Pour une solution à 44,6 °/₀ d'alcool, on trouve, d'après les expériences de De La Rive (*), que Z = 1,028; pour une solution à 71,875 °/₀ d'alcool, examinée par Perkin (**), que Z = 1,024; enfin, pour une solution à 34,928 °/₀ d'alcool, examinée par Schönrock (***), que Z = 0,912. Ces valeurs sont toutes supérieures à la moyenne trouvée plus haut. Seulement, il est évident que l'on ne peut accorder autant de crédit à des expériences isolées qu'à une série complète, même si une erreur systématique entachait cette dernière. Pour procéder aux conclusions, il faut avant tout agir par comparaison ; et les auteurs qui ont trouvé pour ce système des valeurs de Z voisines de 1 auraient vraisemblablement trouvé des valeurs encore plus grandes pour le système alcool méthylique + eau.

3. — *Alcool n-propylique + eau.*

J'ai soumis à l'étude deux solutions du troisième terme des monols, l'alcool n-propylique, qui avait pour constantes physiques :

Densité :	14°05	0,80736
—	31°65	0,79371
—	53°6	0,77587

	t°.	589,3	546	436
Rotation magnétique :	17°3	0,7615	0.9081	1,4815
—	59°5	0,7231	0,8617	1,4017

(*) *Ann. chim. phys.* (IV), 22 (1871), p. 5.

(**) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, t. IL (1886), 781.

(***) *Zeitschr. f. phys. Chemie*, 16 (1895), 38.

Pour les solutions, on obtient (I = 20,733 et II = 39,165 °/o alcool propylique) :

	t°.	$r_{589,5}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
I.	15°5	0,8435	0,8241	0,97706	2,294	1,900	*0,828*
II.	14°9	0,8232	0,8082	0,97450	2,550	2,145	*0,841*

	t°.	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
I.	15°5	1,0003	0,9770	0,97671	2,329	1,900	*0,816*
II.	14°9	0,9850	0,9596	0,97416	2,584	2,145	*0,830*

	t°.	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
I.	15°5	1,6238	1,5850	0,97611	2,389	1,900	*0,796*
II.	14°9	1,6016	1,5588	0,97328	2,672	2,145	*0,805*

Les valeurs moyennes de Z sont *0,834* (D), *0,823* (vert) et *0,800* (violet). C'est à peine s'il y a une diminution par comparaison avec les valeurs que j'ai obtenues pour le système alcool éthylique + eau, calculées d'après Thouvenot; la diminution est très nette seulement si l'on compare avec les valeurs calculées d'après les autres observateurs. Bref, en faisant la part des variations forcées, qui ne peuvent manquer de se produire d'un expérimentateur à l'autre, il semble bien ressortir que le système alcool n-propylique + eau possède une constante de rotation plus petite que celle du système précédent.

Ainsi se trouve vérifié par l'exemple des trois premiers termes des monols en solution dans l'eau que Z diminue quand on avance dans une série organique, comme c'est le cas pour les acides monoïques en solution dans le sulfure de carbone. On voit qu'à ce point de vue il y a une analogie complète entre la rotation et la réfraction. Les solutions dans l'eau, ainsi que celles dans le sulfure de carbone, accusent une différence analogue, consistant en ce que les valeurs absolues de Z sont beaucoup plus petites que celles de A.

II. — ALDÉHYDES.

Acétaldéhyde + eau.

Nos connaissances relativement à ce groupe se réduisent à une seule solution d'acétaldéhyde, examinée par Perkin (*) et dont j'ai déjà parlé. Par la nouvelle formule, il n'y a guère d'altération de Z, qui devient *1,29,* au lieu de *1,27* trouvé précédemment. Sa valeur est supérieure à celle du système alcool éthylique + eau, comme c'est également le cas pour la constante de réfraction.

III. — CÉTONES.

Acétone + eau.

J'ai tenu à examiner au moins le premier terme de cette série en solution aqueuse; l'étude des termes supérieurs n'est pas aisément abordable à cause de leur solubilité assez faible.

Les constantes de l'acétone employée sont :

Densité :	13°45	0,79900
—	19°25	0,79239
—	26°0	0,78459

	t°.	589,3	546	436
Rotation magnétique :	15°1	0,7150	0,8444	1,3888
—	31°5	0,7001	0,8264	1,3562

Pour les solutions, on obtient la table suivante [les valeurs de C_v sont interpolées de mes déterminations antérieures (**)] :

(*) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, t. LI (1887), 818.

(**) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1911, 93.

	°/₀ acétone.	°/₀ eau.	t°.	C_v.
I.	23,799	76,201	16°0	2,715
II.	49,535	50,465	15°3	4,180
III.	73 552	26,448	16°0	3,405

	$r_{589,5}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	0,8355	0,8071	0,9660	3,40	*0,80*
II.	0,8122	0,7720	0,9505	4,95	*0,85*
III.	0,7751	0,7422	0,9576	4,24	*0,80*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	0,9893	0,9549	0,9652	3,48	*0,78*
II.	0,9610	0,9132	0,9502	4,98	*0,84*
III.	0,9184	0,8779	0 9559	4,41	*0,77*

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,6103	1,5520	0,9638	3,62	*0,75*
II.	1 5722	1,4901	0,9477	5,23	*0,80*
III.	1,5063	1,4375	0,9544	4,56	*0,74*

Les moyennes de Z sont respectivement *0,82, 0,80* et *0,76;* il y a, comme précédemment, une légère diminution vers le violet du spectre. Ces valeurs sont du même ordre que celles que j'ai trouvées pour les solutions aqueuses d'alcools; rappelons que les valeurs de A également ne sont pas très différentes pour les deux espèces de solutions.

IV. — ACIDES MONOÏQUES.

1. — *Acide formique + eau.*

Une solution aqueuse à 71,875 °/₀ a été examinée par Perkin (*); la valeur de Z est *1,16*.

(*) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, IL (1886), 779.

2. — *Acide acétique + eau.*

Pour ce système, on possède des données à des titres différents et obtenues par plusieurs auteurs. Je citerai d'abord les expériences de M^lle V. Guerdjikowa (*), qui a pris comme point de départ un acide à 97,12 °/₀; les valeurs de d et r pour l'acide pur s'obtiennent aisément par extrapolation graphique : les nombres que j'ai obtenus de la sorte correspondent de plus avec les valeurs de densité et de rotation obtenues par d'autres auteurs.

°/o acide.	°/o eau.	$r_D 25°$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	C_v.	Z.
100,000	0,000	3°783	3°7830	1,00000	0,000		
66,640	33,360	4°312	4°1551	0,96361	3,639	3,501	*0,962*
48,577	51,423	4°499	4°3507	0,96703	3,397	3,329	*1,010*
30,444	69,556	4°645 (**)	4°5448	0,97843	2,157	2,518	*1,167*
12,868	87,132	4°782	4°7301	0,98915	1,085	1,224	*1,128*
0,000	100,000	4°864	4°8640	1,00000	0,000		

Ces résultats montrent clairement que Z n'est plus absolument constant quelle que soit la concentration, mais *augmente régulièrement avec la dilution en acide*, c'est-à-dire *avec la dissociation électrolytique*. Cette observation corrige mes vues précédentes à cet égard et marque une fois de plus la grande analogie entre la constante de rotation et la constante de réfraction, pour laquelle j'ai montré également l'augmentation avec la dissociation.

Dans son ensemble, la valeur de Z est plus petite que pour le premier terme de la série. J'ai trouvé 1,16 pour une solution d'acide formique à 71,875 °/₀; or, une solution de même concentration d'acide acétique donnerait une valeur inférieure à 0,95. La diminution de Z dans la série se vérifie donc comme pour les solutions aqueuses d'alcools.

(*) Thèse, Nancy, 1910, 67.

(**) L'auteur indique (par erreur) 4°745.

Le système acide acétique + eau avait déjà fait à plusieurs reprises l'objet de recherches, dont voici les résultats :

	°/o acide.	Z.
Perkin (*)	76,917	0,784
Humburg (**)	39,077	1,095
—	18,202	1,155
—	12,780	1,167
—	7,766	1,033
Oppenheimer (***)	30,50	0,982
—	23,53	1,060
—	16,37	1,062

Ces trois séries confirment les expériences de M^{lle} Guerdjikowa autant qu'on peut le désirer lorsqu'il s'agit d'expériences aussi difficiles, et il ne peut plus subsister de doute quant à l'augmentation de Z avec la dilution.

3. — *Acide propionique + eau.*

Pour ce système, il me suffira de corriger les données précédemment renseignées, qui deviennent :

	°/o acide.	Z.
Perkin	80,431	0,713
Humburg	35,557	1,016
—	10,332	1,205

Ici également on observe une augmentation de Z avec la dilution; en outre, les valeurs absolues sont un peu plus petites

---

(*) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, 49 (1886), 779.

(**) *Zeitschr. phys. Chemie*, 12 (1893), 405.

(***) *Id.*, 27 (1898), 450.

que pour les solutions d'acide acétique de même concentration. La différence est faible, il est vrai, mais elle est du même ordre de grandeur qu'entre les solutions d'acide acétique et d'acide formique et qu'entre les solutions des différents alcools examinés plus haut.

4. — *Acide butyrique + eau.*

En calculant d'après la nouvelle formule les données expérimentales de Humburg, on obtient :

°/₀ acide.	Z.
35,090	*1,010*
24,502	*1,151*
12,630	*1,190*

L'augmentation de Z avec la dilution se marque bien nettement; mais la diminution de l'ensemble de la valeur par rapport au système précédent est moins évidente. Toutefois, il est bon de faire remarquer que la moindre erreur d'expérience suffit pour amener un changement de Z assez considérable.

V. — ACIDES CÉTONIQUES.

La solution aqueuse d'acide lévulinique (à 76,332 °/₀) examinée par Perkin (*) possède une constante de rotation égale à *1,5* (au lieu de 1,44 calculé par l'ancienne formule).

VI. — DÉRIVÉS AZOTÉS.

Pour les solutions aqueuses d'ammoniaque, les valeurs présentent trop d'incertitude, eu égard à ce que la rotation de l'ammoniaque pure doit être supputée par le calcul. Une détermination directe est peut-être assez difficile, mais elle est indispensable.

(*) *Journ. Chem. Soc.*, *Tr.*, (1891), 839.

Isobutylamine + eau.

Pour ce système, la constante de rotation est *1,33* en calculant d'après une solution à 42,406 °/₀ examinée par Perkin (*).

Nitroforme (trinitrométhane) + eau.

La densité et la rotation magnétique du corps pur et d'une solution ont été examinées par Perkin (**). Le nitroforme fond à 15°; il a pour densité 1,61393 à 28°38, 1,60523 à 33°56 et 1,59703 à 38°64. La rotation est 0,5652 à 15° (moyenne de deux séries). Malgré la densité assez forte, on voit que la rotation est très faible, fait caractéristique de la présence de groupements oxygénés de l'azote.

Une solution renfermant 43,267 °/₀ de nitroforme a pour densité 1,24274 à 15° et 1,23734 à 20° (eau à 4° = 1); sa rotation est de 0,9018 à 15° (moyenne de deux séries). D'après ces données, on calcule que $C_v = 3{,}247$ °/₀ et $C_r = 11{,}861$ °/₀, d'où Z possède la valeur très faible de *0,273*. Il est regrettable que ce corps intéressant n'ait pas été examiné à plusieurs titres et que l'on ne possède pas de données sur des solutions de substance à structure analogue, pour pouvoir établir une comparaison au point de vue des valeurs de Z.

Isonitrosoacétone + eau.

Une autre substance étudiée par Perkin (***) est l'isonitrosoacétone $CH_3.CO.CH.(NOH)$, fondant à 66°. Densité : 1,07437 à 67°52, 1,06738 à 74°82 et 1,05619 à 85°57. Rotation magnétique : 1,0750 à 68°8 (moyenne de deux séries).

Une solution aqueuse renfermant 49,153 °/₀ d'isonitrosoacé-

(*) *Journ. Chem. Soc., Tr.*, t. LV (1889), 695.

(**) Notes de laboratoire inédites.

(***) Notes inédites.

tone a pour densité : 1,07582 à 15° et 1,07203 à 20°. La rotation magnétique à 15° est 1,0750. Pour le calcul, j'ai admis les valeurs extrapolées de 1,12347 pour la densité à 15° et 1,1050 pour la rotation à la même température de l'isonitrosoacétone pure. On trouve ainsi que $C_v = 1{,}787$ °/o et $C_r = 2{,}461$ °/o, d'où Z = *0,726*.

Solutions non aqueuses.

Il entrait également dans mes vues d'examiner la rotation magnétique d'une série de mélanges non aqueux, et notamment de m'assurer si, dans les mélanges dont l'un des constituants renferme un halogène, la constante de rotation donne des résultats cadrant avec ceux que fournit la constante de réfraction.

Tétrachlorure de carbone + acide acétique.

La rotation magnétique du tétrachlorure de carbone pur est :

t^o	589,3	546	436
15°0	1,0337	1,2211	2,0135

Pour l'acide acétique, voir plus haut.

Ce système convient assez bien à l'étude qui nous occupe, parce que les variations produites dans la rotation magnétique par l'acte du mélange ne sont pas trop petites.

	°/o CCl_4.	°/o acide.	t^o.	C_v.
I.	21,319	78,681	15°0	-0,459
II.	41,728	58,272	14°9	-0,796
III.	64,436	35,564	15°1	-0,880

	$r_{589,3}$.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	0,7163	0,7230	1,0093	-0,93	*0,49*
II.	0,7739	0,7848	1,0158	-1,58	*0,50*
III.	0,8525	0,8667	1,0166	-1,66	*0,47*

	r_{546}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	0,8419	0,8501	1,0098	-0,98	*0,47*
II.	0,8981	0.9240	1,0175	-1,75	*0,46*
III.	1,0015	1,0217	1,0202	-2,02	*0,44*

	r_{436}.	r_v.	$r_v : r$.	C_r.	Z.
I.	1,3758	1,3955	1.0143	-1,43	*0,32*
II.	1,4834	1,5176	1,0230	-2,30	*0,35*
III.	1,6387	1,6807	1,0256	-2,56	*0,34*

Pour une même raie, il y a constance de Z aux trois concentrations étudiées et, pour des longueurs d'onde différentes, on observe comme toujours une décroissance de Z vers le violet (moyennes : *0,49*, *0,46* et *0,34*). Lors de la recherche de A (*), on a vu que le phénomène présentait la même allure, sauf que la valeur absolue de A était plus élevée (environ 0,9).

Je dois dire que ce n'est qu'à force de répéter les expériences et de prendre des moyennes que l'on atteint un résultat aussi constant que celui qui s'est vérifié pour ce système. Si par exemple nous considérons le cas où les risques d'erreurs sont les plus grands, c'est-à-dire la solution de 21,319 °/₀ (raie D), on peut calculer qu'une erreur de lecture de 0°01 dans la *double* rotation amène un changement de Z d'environ 0,04. C'est donc presque l'effet du hasard que les nombres concordent aussi bien entre eux. Si maintenant on considère que, parmi les systèmes halogénés étudiés, c'est un de ceux qui se prêtent le mieux à l'examen, il ressort clairement que l'étude des autres systèmes envisagés est tout à fait impossible au point de vue qui nous occupe, tant qu'on n'aura pas augmenté de beaucoup la précision des mesures. J'ai du reste pu m'en rendre compte à la suite de nombreux essais infructueux ; un exemple en sera donné par l'examen du système suivant.

(*) *Bull. de l'Acad. roy de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 610.

Chloroforme + acétone.

Plutôt que de renseigner mes vaines tentatives concernant ce système binaire, je crois plus démonstratif de donner les calculs faits à l'aide des expériences de Thouvenot (*), qui a, dans d'autres cas, trouvé d'excellents résultats.

% $CHCl_3$.	C_v.	C_r.
14,75	-0,040	-0,929
21,41	-0,057	-0,216
28,97	-0,043	-1,694
41,18	-0,054	-0,773
47,66	-0,019	-0,013
59,23	+0,037	+0,309
70,96	+0,115	-0,008
77,47	+0,139	+0,712
89,05	+0,152	+0,267

Les déterminations de densité ont été faites très exactement : la courbe joignant les valeurs de C_v répond parfaitement à l'allure caractéristique — mi-négative et mi-positive — que j'ai montré être une particularité de ce système (**).

Quant aux essais de rotation, ils donnent des résultats aussi déplorables que possible, et il est bien certain que la seule raison en est la grandeur des erreurs d'expérience. On peut d'autant moins en incriminer l'expérimentateur que les difficultés, déjà grandes d'ordinaire, se doublent ici par le fait que l'on opère avec des substances très volatiles. Il est impossible de tracer à l'aide des valeurs C_r une courbe analogue à celle des C_n, pas plus du reste qu'une courbe différente de cette dernière ; et il en est à peu près de même pour les nombreux essais faits jusqu'à présent sur beaucoup de systèmes binaires non aqueux. Pour en revenir à la

---

(*) Thèse, Nancy, 1910, p. 56.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, p. 610.

question spéciale de l'étude des systèmes à composé halogéné, il est évident qu'un travail soigneux et assidu conduirait à de meilleurs résultats; mais il s'agissait pour moi avant tout de vérifier si certains de ces systèmes (notamment avec les alcools et les cétones) présentent une légère variation de Z en fonction de la concentration, confirmant ainsi l'étude de la constante de réfraction. L'estimation des différences légères que doit comporter ce changement étant quasi impossible, il n'y a pour le moment qu'un intérêt relatif à déterminer Z d'une façon approchée et qui n'est pas en rapport avec le travail expérimental que cette détermination exige.

Je terminerai en renseignant les résultats obtenus pour un mélange alcoolique.

Isobutylamine + alcool éthylique.

Un mélange de ces deux substances examiné par Perkin en même temps que la solution aqueuse (voir p. 746) donne pour Z le nombre *1,72*. On voit qu'il est plus élevé que pour la solution aqueuse correspondante (1,33); en cela également, il existe une analogie complète avec la constante de réfraction, qui est toujours plus petite pour les solutions aqueuses que pour les solutions alcooliques correspondantes (*).

J'ai ainsi terminé l'exposé des résultats obtenus concernant la rotation magnétique des mélanges binaires. Différentes espèces de solutions, offrant certaines particularités, ont été omises à dessein; je veux parler notamment des solutions aqueuses d'acides inorganiques, de composés chlorés, ainsi que des mélanges formés d'un dérivé cyclique avec un dérivé aliphatique. Chacun de ces groupes fera l'objet d'une étude spéciale.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, pp. 69-75.

Conclusions générales.

Dans un mélange binaire de liquides, il existe entre les changements de densité C_v et les changements de rotation magnétique C_r consécutifs à l'acte du mélange, un rapport Z (constante de rotation) possédant dans son ensemble les mêmes propriétés que le rapport A (constante de réfraction) entre les changements de densité C_v et les changements de réfraction C_n. Les points communs sont notamment :

1. Pour un système binaire déterminé, Z est indépendant du titre.

2. La valeur Z diminue au fur et à mesure que l'on considère des longueurs d'onde plus courtes (premières observations de dispersion sur les mélanges binaires).

3. La valeur Z est une grandeur caractéristique pour chaque système binaire, et suit certaines lois générales ; ainsi :

a) Si l'on considère les mélanges d'un même liquide successivement avec les différents termes d'une série organique, on voit que Z diminue lorsqu'on s'élève dans la série ;

b) Si l'on compare les solutions d'une substance dans l'eau et dans l'alcool, on voit que Z est plus grand pour ces dernières ;

c) Les valeurs de Z dans les solutions renfermant CS_2 sont beaucoup plus petites (trois à six fois) que dans les solutions aqueuses correspondantes ; ces solutions sont aussi particulièrement intéressantes parce qu'elles montrent que les lois générales sont les mêmes lorsque le mélange se produit avec dilatation que lorsqu'il se produit avec contraction (solutions aqueuses).

4. Dans le cas d'un mélange subissant la dissociation électrolytique, Z augmente avec la dilution (= ionisation).

Une différence capitale existe entre A et Z : c'est que la grandeur absolue de Z est toujours moindre que celle de A. La question se pose maintenant de savoir s'il existe un rapport constant entre A et Z, autrement dit, en éliminant la valeur commune C_v, entre les variations de la réfraction et celles du pouvoir rotatoire magnétique. A cette question, il faut répondre par la négative, si l'on envisage tous les systèmes binaires possibles. Toutefois, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que pour la plupart des mélanges aqueux examinés au cours de ce travail, la valeur de Z est généralement égale à un tiers de la valeur de A, sans guère s'écarter de cette moyenne. Mais pour les solutions dans le CS_2, le rapport entre Z et A tombe jusqu'à un sixième : la différence est trop notable pour ne pas avoir une raison d'être profonde. Il est vrai que le sulfure de carbone se distingue foncièrement de l'eau au point de vue des propriétés optiques et magnéto-optiques par la grandeur considérable de son indice de réfraction et de sa rotation.

Notons enfin que cette étude a trait seulement aux diélectriques transparents : il est certain que l'on observerait des anomalies pour la réfraction des corps absorbant fortement les rayons lumineux, comme pour la rotation des substances renfermant du fer ou d'autres éléments influencés d'une façon spéciale par les actions magnétiques.

Londres et Liége, septembre 1912.

PHYSICO-CHIMIE VÉGÉTALE. — **Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination,**

par HENRI MICHEELS.

1. — Depuis quelques années, j'ai entrepris des recherches méthodiques au sujet de l'action des solutions aqueuses d'électrolytes sur la germination (¹). Elles ont principalement porté sur les effets provoqués par des solutions très diluées, traversées ou non par le courant galvanique.

De récentes expériences m'ont fourni l'occasion de relever des faits nouveaux qui, maintenant, me permettent, à la fois, de relier entre eux des phénomènes qui paraissaient ne pouvoir point s'accorder et de fournir des indications qui pourront, sans doute, être utilisées pour l'interprétation des points établis.

D'une extrême simplicité. le dispositif expérimental employé est resté le même que celui qui a été décrit dans mes travaux antérieurs, et je me suis encore servi de germinations de Froment.

En un court résumé, rappelons ici quelques données acquises en ce qui concerne l'influence exercée par certains électrolytes sur des organismes vivants.

Ainsi que Jacques Loeb et ses disciples l'avaient observé dans le règne animal, j'ai pu montrer, pour les plantes, la nocuité prépondérante des cathions dans l'action des solutions aqueuses d'électrolytes non traversées par le courant.

(¹) HENRI MICHEELS, Action des solutions aqueuses d'électrolytes sur la germination. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1909, p. 1076.) — ID., Action du courant galvanique continu sur la germination. (*Ibid.*, 1910, p. 51.) — ID., Action des liquides anodiques et cathodiques sur la germination. (*Ibid.*, 1910, p. 391.)

Avec des solutions électrolysées, j'ai démontré expérimentalement que les effets favorisants ou néfastes des électrolytes n'étaient pas dus aux charges électriques ou électrons que porteraient les ions. Ils proviennent de l'état de déséquilibre des solutions (De Heen). J'ai fait connaître, en outre, les différences d'action que possèdent vis-à-vis des êtres vivants les liquides que j'ai désignés sous le nom d'anodiques et de cathodiques. Pour certaines substances dissoutes, ceux-là sont néfastes et ceux-ci favorisants.

Une antinomie semblait donc se dessiner entre les effets des solutions électrolysées et ceux des solutions non parcourues par le courant. Pour la concilier, je me suis livré à un examen attentif de la question et j'ai institué un certain nombre d'expériences nouvelles.

2. — Divers auteurs ont montré combien les racines diffèrent au sujet de leur résistance vis-à-vis de l'acidité du milieu. Il y a là, chez les plantes, une spécificité évidente qui a été mise en relief, notamment par K. Aso (1).

La différence des effets constatés entre certains liquides cathodiques et d'autres anodiques ne pouvait-elle être expliquée par une différence d'acidité ou d'alcalinité produite par la combinaison du cathion ou de l'anion avec les éléments de l'eau ? Dans le cas d'un chlorure alcalin, par exemple, le chlore dégagé à l'anode n'allait-il pas rendre le liquide anodique néfaste par suite de la formation d'acide chlorhydrique ? Le métal, dans le liquide cathodique, n'allait-il pas lui enlever sa nocuité par l'addition d'un hydroxyde ?

---

(1) K. Aso, Ueber Säuregehalt und Säureresistenz verschiedener Würzeln. (*Flora*, 1910).

Expérience I.

J'ai fait passer du chlore dans une solution centinormale de KCl non électrolysée ainsi que dans une solution centinormale de KCl cathodisée, afin de les comparer à ce même liquide, d'une part, non traversé par le courant, d'autre part, anodisé. Chacun des quatre cristallisoirs avait reçu 650 centimètres cubes de liquide.

Durée de l'expérience : du 2 au 13 avril 1912.
Trempage des grains : vingt-quatre heures.
Courant fourni par une pile de 24 Daniell du 13 au 29 mars 1912.

	SOLUTIONS ÉLECTROLYSÉES.		SOLUTIONS NON ÉLECTROLYSÉES.	
	Liquide cathodique traversé par du Cl. 1	Liquide anodique. 2	Traversée par du Cl 3	Non traversée par du Cl. 4
Nombre de germinations (°/₀) .	84	44	92	96
Longueur moyenne de la première feuille (en millimètres).	150	51	70	115
Longueur moyenne des racines (en millimètres) .	145	2	7	18
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.309	0.120	0.154	0.210

N. B. — Après l'expérience, les liquides 1, 3 et 4, sous l'action de la teinture de tournesol, fournissent la même teinte rouge; le liquide 2 se montre plus acide.

Par son passage à travers le liquide cathodique, le chlore l'a rendu plus favorisant qu'il ne l'est d'habitude; en traversant la solution non électrolysée, il l'a empoisonnée.

3. — Si l'action moins nocive des liquides cathodiques est due à leur alcalinité, en alcalinisant la solution non électrolysée ainsi que le liquide anodique, n'allons-nous pas diminuer leur nocuité?

Expérience II.

J'ai additionné de 25 centimètres cubes d'une solution à 0.1 °/₀ d'hydroxyde de potassium 500 centimètres cubes d'une solution centinormale de KCl non électrolysée ainsi qu'une égale quantité de cette solution anodisée, afin de les comparer à la même quantité de ce liquide, d'une part, non traversé par le courant, d'autre part, cathodisé.

Durée de l'expérience : du 4 au 15 mai 1912.
Trempage des grains : vingt-quatre heures.
Courant fourni par une pile de 24 Daniell du 13 avril au 4 mai 1912.

	SOLUTIONS ÉLECTROLYSÉES.		SOLUTIONS NON ÉLECTROLYSÉES.	
	Liquide cathodique. 1	Liquide anodique additionné de KOH. 2	Additionnée de KOH. 3	Non additionnée de KOH. 4
Nombre de germinations (°/₀) .	92	68	40	96
Longueur moyenne de la première feuille (en millimètres).	150	60	38	160
Longueur moyenne des racines (en millimètres)	50	8	5	110
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.258	0.134	0.111	0.282

L'addition de potasse caustique, en minime quantité, à la solution non électrolysée a été — comme on le voit — désastreuse. En ajoutant cet alcali au liquide anodique, on a, par contre, diminué sa nocuité, mais d'une façon bien peu marquée.

Très récemment, T. Bokorny (¹) a pu observer que l'hydroxyde ammonique, en solution à 0.01 °/₀, retardait manifestement la germination et qu'une solution de cette substance à 0.05 °/₀ l'arrêtait complètement. D'après cet auteur, les hydroxydes de sodium et de potassium n'exerceraient qu'une action moins nocive (²).

Il convient de rappeler ici que, en 1909, j'ai comparé à l'action de l'eau distillée sur la germination celle des solutions 0.05 *n* et 0.001 *n* (³) de KOH et que j'ai pu montrer le rôle favorisant joué par ce dernier liquide.

Telle substance qui est nocive à une certaine dose peut devenir favorisante à une dose plus faible. C'est probablement le cas aussi pour les hydroxydes de sodium et d'ammonium.

4. — En ce qui regarde les acides, j'ai eu fréquemment l'occasion d'observer leur extraordinaire nocuité pour les racines des germinations de Froment. Je me bornerai ici à reproduire un protocole d'expérience concernant l'acide sulfurique.

EXPÉRIENCE III.

J'ai comparé à celle de l'eau distillée l'action de l'acide sulfurique, marquant 66°, en solutions 2 centi- et 2 millinormales; chacun des cristallisoirs recevait 1 litre de liquide.

(¹) T. BOKORNY, Einwirkung einiger basischer Stoffe auf Keimpflanzen, Vergleich mit der Wirkung auf Mikroorganismen. (*Centralblatt für Bakteriol.*, 2, XXXII, 1912.) (D'après un résumé in *Botanisches Centralblatt.*)

(²) Les influences défavorables se manifestant pendant la période germinative ne s'exercent pas toujours pendant l'âge adulte. C'est ainsi qu'une légère alcalinité de l'eau de germination obtenue par les carbonates alcalins empêche l'évolution de la plantule, pendant que le végétal adulte résiste à des doses plus élevées. — P. MAZÉ, Recherches sur la physiologie végétale. Premier mémoire. (*Ann. Inst. Pasteur*, 1911.)

(³) HENRI MICHEELS, Action des solutions aqueuses d'électrolytes sur la germination. (*Loc. cit.*, p. 1100.)

Durée de l'expérience : du 12 avril au 1er mai 1912.

Trempage des grains : vingt-quatre heures.

	EAU distillée.	SOLUTION 2 centi-normale de H_2SO_4.	SOLUTION 2 milli-normale de H_2SO_4.
Nombre de germinations (°/₀) . . .	88	0	76
Longueur moyenne de la première feuille (en millimètres)	160	—	65
Longueur moyenne des racines (en millimètres)	200	—	5
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.271	—	0.120

N. B. — La solution 2 centinormale se montre excessivement acide, la 2 millinormale encore très acide.

La solution 2 millinormale est donc encore très nocive et l'acidité joue évidemment ici un rôle très important.

Dans un travail paru en 1903, G. Stiehr (1) a montré que la solution à 0.0075 °/₀ de HCl était mortelle pour la plupart des germinations de *Phleum pratense*.

5. — Si l'acidité et l'alcalinité sont seules en jeu au point de vue de la nocuité, comment expliquer l'action favorisante de certains liquides cathodiques alcalins?

Il y a évidemment un autre facteur dont il faut tenir compte.

---

(1) G. Stiehr, Ueber das Verhalten der Wurzelhärchen gegen Lösungen. Inaugural Dissertation, Kiel, 1903.

Expérience IV.

Prenons une solution dont les liquides anodique et cathodique sont tous deux acides et dont le cathion est, de plus, très nocif pour les plantules. Adressons-nous, dans ce but, au sulfate de cuivre en solution 2 centinormale. Son liquide anodique est franchement acide, mais son liquide cathodique n'est que légèrement acide.

Durée de l'expérience : du 12 avril au 1^er^ mai 1912.
Trempage des grains : vingt-quatre heures.

	LIQUIDE anodique.	LIQUIDE cathodique.
Nombre de germinations (°/o)	0	40
Longueur moyenne de la première feuille (en millimètres)	—	33
Longueur moyenne des racines (en millimètres). . .	—	3
Poids moyen des germinations (en grammes) . . .	—	0.105

Le liquide anodique est plus nocif que le cathodique (tous deux ont cependant permis le développement de moisissures).

Cette expérience IV semble prouver que l'action de l'acidité l'emporte sur celle du cathion (à moins qu'elle ne soit exclusive).

Le cuivre, à l'état chimique, du liquide cathodique semble avoir produit moins de nuisance que l'acide de l'anodique.

Remarquons, au surplus, que la solution 2 centinormale de sulfate de cuivre n'est pas un liquide nutritif et qu'il n'est pas besoin de l'électrolyser pour le rendre nocif.

Mais revenons à la solution centinormale de KCl, prise comme type de solution aqueuse simple d'électrolyte.

6. — Si l'action néfaste de son liquide anodique est due uniquement à son acidité, elle disparaîtra complètement si on neutralise le liquide anodique et jusqu'à un certain point aussi si on l'alcalinise.

EXPÉRIENCE V.

Le liquide cathodique a été additionné de 2 centimètres cubes d'acide chlorhydrique ordinaire, et l'anodique, de 20 centimètres cubes d'une solution à 0.1 de potasse caustique, avant d'être comparés à la solution centinormale de KCl non électrolysée.

Durée de l'expérience : du 22 juin au 3 juillet 1912.
Trempage des grains : vingt-quatre heures.
Courant fourni par une pile de 24 Daniell du 30 mai au 19 juin 1912.

	LIQUIDE ÉLECTROLYSÉ.		LIQUIDE non électrolysé. 3
	Liquide cathodique + HCl. 1	Liquide anodique + KOH. 2	
Nombre de germinations (°/₀)	88	84	96
Longueur moyenne de la deuxième feuille (en millimètres)	165	125	150
Longueur moyenne des racines (en millimètres)	90	20	100
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.286	0.215	0.278

N. B. — Après enlèvement des plantules, les liquides ont été traités par le tournesol; le liquide non électrolysé s'est montré franchement acide, l'anodique franchement alcalin et le cathodique légèrement acide.

Le rendement est le meilleur dans le liquide non électrolysé et dans le cathodique, cependant *tous deux acides*.

La disparition de l'acidité du liquide anodique n'a que peu diminué sa nocuité. Celle-ci reconnaît donc aussi une autre cause que nous allons rechercher (¹).

On sait d'ailleurs, depuis longtemps, que si les plantes, dans certaines conditions, acidifient leurs solutions nutritives, elles les alcalinisent dans d'autres circonstances.

Pour les chimistes, les propriétés chimiques spéciales aux acides sont dues aux ions H, les actions des bases aux ions OH. Il y aurait donc, chez les liquides acides, un excès d'ions H et chez les basiques un excès d'ions OH. Dans la théorie des indicateurs, le changement de teinte de certaines substances en solution acide ou en solution basique est, par suite, expliqué par un excès d'ions H ou d'ions OH.

L'acidité de notre liquide anodique serait due aux ions H provenant de la dissociation de HCl formé; l'alcalinité du cathodique, aux ions OH de KOH. Nous ne pouvons admettre que ces ions interviennent aussi manifestement dans la nocuité (²).

7. — Les diverses expériences dont on vient de lire la relation mettent en présence des solutions d'électrolytes, qui ont été traversées ou non par le courant, et des grains de Froment préalablement trempés dans de l'eau distillée et, par conséquent, déjà en voie de germination.

Les racines qui plongent plus ou moins profondément dans les solutions électrolytiques représentent, en dernière analyse, des solutions colloïdales enserrées par des membranes non imperméables.

Ajoutons que le liquide des racines de nos germinations de

(¹) Il ne peut être question des microbes qui se trouvent nécessairement dans les solutions, puisque l'addition d'acide ou d'alcali ne modifie guère les propriétés des liquides cathodiques et des liquides anodiques.

(²) Henri Micheels, Action du courant galvanique continu sur la germination. (*Loc. cit.*)

Froment est une solution colloïdale acide, c'est-à-dire à charges négatives.

En nous inspirant de la théorie de la dissociation électrolytique (¹), cherchons à nous rendre compte de la situation créée par la mise en présence des solutions dont il vient d'être question.

Supposons des grains en germination sur deux tamis déposés à la surface d'une solution centinormale de KCl dans deux cristallisoirs contenant chacun 1 litre de liquide et réunis par un siphon de verre. A la température de 18° C., dans une telle solution, $\alpha = 0.93$. Soit $0.01\,n$ le nombre des molécules dans une solution centinormale. Notre solution contiendra donc $0.01\,n \times 0.07 \times 2$ molécules non dissociées, $0.01\,n \times 0.93 \times 2$ anions (Cl) et le même nombre de cathions (K).

Faisons agir le courant électrique en introduisant des lames de platine reliées à une pile dans les liquides des deux cristallisoirs.

Dans le liquide anodique, une partie des ions Cl passeront à l'état chimique en touchant l'électrode; ils se dégageront ou se combineront aux éléments de l'eau. Le liquide présentera une réaction acide. Remarquons qu'il contiendra de plus des ions K qui sont libérés sans passer à l'état atomique. Si la forte nocuité de ce liquide anodique ne peut être attribuée au Cl atomique (expérience I) ni à la combinaison du Cl avec les éléments de l'eau pour former un acide (expérience V), nous pouvons, par hypothèse, la supposer provoquée par les ions K libres. Dans la théorie de De Heen, ceux-ci possèdent des brins qui sont libres ou non raccordés. Ces ions représentent l'équivalent de l'état particulaire. Il y aura donc ionisation et non iodynamisation, en un mot la solution sera déséquilibrée.

Dans le liquide cathodique, au contraire, une partie des ions K

(¹) Parce qu'elle est actuellement la plus répandue.

passeront à l'état chimique et le solvant deviendra alcalin. Les ions Cl libérés ne sembleraient pas avoir ici d'action aussi nocive, puisque le liquide cathodique est moins funeste que l'anodique.

Les liquides anodiques et cathodiques devraient donc, en partie, leurs caractères particuliers respectivement aux cathions et aux anions libérés, non passés à l'état chimique.

L'hypothèse que j'émets permettrait, par suite, d'englober dans une même interprétation les phénomènes qui s'observent dans les solutions aqueuses d'électrolytes, qu'elles soient ou non traversées par un courant. Dans les unes comme dans les autres, l'action des cathions serait, non pas exclusive, mais seulement prépondérante.

8. — Nous allons prouver que ces vues théoriques peuvent subir un contrôle expérimental.

En effet, si l'action des cathions est prépondérante, il est bien certain que, dans une solution complètement dissociée, le liquide cathodique sera moins nocif que le liquide non électrolysé, puisque nous faisons passer ainsi, dans le premier, une certaine quantité d'ions K à l'état chimique. Et le liquide anodique devra, lui aussi, perdre de sa nocuité et se montrer même moins nocif que la solution non électrolysée, puisqu'on y fera passer aussi des ions Cl à l'état chimique. Comme on va le voir, ces conséquences théoriques ont été confirmées par l'expérience.

Expérience VI.

Je me suis servi d'une solution millinormale de KCl et j'en ai comparé l'action des liquides cathodique et anodique à celle de la solution non électrolysée. Cette solution peut être considérée, d'après W. Ostwald, comme complètement dissociée (ou iodynamisée, d'après la terminologie de De Heen).

Durée de l'expérience : du 29 mai au 8 juin 1912.
Trempage des grains : septante-quatre heures.

Avant le placement des tamis et des grains, la solution avait été soumise, le 29 mai, à un courant de 110 volts pendant quinze minutes; le 30 et le 31 mai à ce même courant, chacun de ces deux jours, pendant une heure.

	LIQUIDE ÉLECTROLYSÉ.		LIQUIDE non électrolysé. 2
	Liquide cathodique. 1	Liquide anodique. 2	
Nombre de germinations (°/₀).	96	100	92
Longueur moyenne de la première feuille (en millimètres)	150	140	140
Longueur moyenne des racines (en millimètres)	130	90	70
Poids moyen des germinations (en grammes)	0.258	0.247	0.235

Faisons d'abord cette constatation extrêmement importante que nous avons là le moyen de rendre un électrolyte moins nocif (1).

Il semble donc que l'on doive surtout incriminer les cathions libres dans l'empoisonnement produit par les liquides traversés par le courant.

9. — Ces ions déséquilibrés ne pouvant agir que physiquement de même que les particules dites colloïdales, comment interviennent-ils dans les phénomènes dont j'ai fourni la relation ?

---

(1) Je me réserve de publier prochainement des resultats très intéressants à cet égard.

J'ai donné la preuve, naguère, que leurs charges électriques ou électrons ne pouvaient être mises en cause (1). Il faut donc admettre, avec une certaine spécificité, l'effet d'une autre cause.

Hardy (2) a démontré que la précipitation dépend des cathions (qui représentent aussi des ions déséquilibrés) dans les sols où les particules ont une charge négative et des anions dans ceux où les particules sont chargées positivement.

Or, la partie liquide de la racine, ou — si l'on veut — la solution colloïdale qu'elle représente, est acide.

Il en résulte qu'il pourra y avoir floculation du liquide colloïdal de la racine dans le liquide anodique sous l'action des cathions, alors que le liquide cathodique ne pourrait produire cet effet avec la solution employée.

On doit regarder, par conséquent aussi, dans cette hypothèse, l'arrêt de développement de la germination comme la conséquence d'un phénomène de floculation et non d'un phénomène osmotique (3). La même conclusion a été formulée récemment par A. Dernoscheck (4) en ce qui concerne la nocuité de l'eau de mer pour les animaux aquatiques d'eau douce.

Institut de physique de l'Université de Liége.
Octobre 1912.

---

(1) **Henri Micheels**, Action du courant galvanique continu sur la germination. (*Loc. cit.*)

(2) Voir **J. Loeb**, La dynamique des phénomènes de la vie. Paris, 1908.

(3) Dans mes Recherches sur *Caulerpa prolifera* (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1911), j'ai fait ressortir combien on avait souvent exagéré le rôle joué par la pression osmotique.

(4) A. **Dernoscheck**, Studien über die Giftigkeit von Seewasser für Süsswassertiere mit besonderer Berücksichtigung der Anpassungserscheinungen. Dissertation inaugurale, Leipzig, 1911.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Bruxelles. *Institut colonial international.* Compte rendu de la session tenue à Bruxelles, les 29, 30 et 31 juillet 1912.

De Donder (*Th.*). Sur les invariants du calcul des variations. Paris, 1912; extr. in-4° (3 p.).

Godeaux (Lucien). Sulle congruenze lineari di curve piane dotate di una sola curva singolare. Palerme, 1912; extr. in-8° (13 p.).

Gravis (*A.*). L'enseignement normal des sciences. Discours prononcé à la séance solennelle d'ouverture des cours de l'Université de Liége, le 22 octobre 1912. Liége, 1912; extr. in-8° (30 p.).

— Quelques réflexions au sujet de l'enseignement de la botanique. Gand, 1912; in-8° (93 p.).

Gravis (*A.*) *et Goffart.* Méthodologie de la botanique à l'usage des écoles normales de l'enseignement moyen et des écoles normales de l'enseignement primaire. Gand, 1912; in-8° (697 p., grav. et pl.).

Lecat (*M.*). Sur les déterminants à plusieurs dimensions. Genève, 1912; extr. in-8° (pp. 345-361).

Lecointe (*G.*). La Conférence internationale de l'heure de Paris et l'unification de l'heure. Bruxelles, 1912; extr. in-8° (18 p., fig.).

Leplat (*Georges*). Recherches sur le développement et la structure de la membrane vasculaire de l'œil des oiseaux. Liége, 1912; extr. in-8° (122 p., pl.).

Le Caire. *Institut Égyptien.* A la mémoire de Louis-Pierre Mouillard. 1912; in-4° (pl.).

Lebon (*Ernest*). Henri Poincaré. Kiel, 1912; extr. in-4° (3 p.).

Oechsner de Coninck (*W.*) Exposé et résumé des recherches que j'ai effectuées, de 1900 à 1912, sur l'uranium et ses composés et qui ont été publiées dans le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique.* Montpellier, 1912; in-8° (20 p.).

Leyst (*Ernst*). Luftdruck und Sonnenflecken. Moscou, 1912; extr. in-8° (158 p.).

Bouffall (*Stanislas de*). Démonstration complète du grand théorème de P. de Fermat. Varsovie, 1912; in-8° (5 p.).

Riabouchinsky. Expédition scientifique au Kamtchatka. Résultats. I. Botanique. In-4°, 1912 (en russe).

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 9 novembre 1912.*

Correspondance.

Le Roi et la Reine remercient l'Académie des sentiments de condoléances qui Leur ont été exprimés. — M. le Ministre des Sciences et des Arts transmet deux requêtes concernant la Station zoologique de Naples. — M. Pelseneer est délégué au Congrès international de zoologie à Monaco. — Prise en considération d'une motion de M. Lecointe à propos de la Commission internationale de l'heure. — Hommages d'ouvrages. 699

Rapports.

Lecture des rapports de MM. de Hemptinne et Verschaffelt (Sur l'ionisation accompagnant les gaz de la flamme; par H.-J. Proumen) 701

Avis verbal de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin (Relations entre une puissance et la somme de deux puissances de même degré; par G. Chenot) . 701

Lecture des rapports de M. De Heen (Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination; par H. Micheels. — Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires; par Fr. Schwers 701

Présentation, par M. de la Vallée Poussin, d'un travail de M. J. Beaupain (Sur les fonctions de Bessel d'ordre supérieur) 701

Comité secret.

Adoption définitive de la liste des candidatures aux places vacantes . . . 701

Communications et lectures.

ANALYSE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur l'unité du développement trigonométrique;* par Ch.-J. de la Vallée Poussin 702

CHIMIE. — *Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires* (2 fig.); par Fr. Schwers 719

PHYSICO-CHIMIE VÉGÉTALE. — *Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination;* par Henri Micheels 753

Bulletin bibliographique 766

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

06.493
A16

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1912 — N° 12

SMITHSONIAN INSTI
NOV 22 1937
NATIONAL MU

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 112

1912

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 7 décembre 1912.

M. Ch. Francotte, directeur, président de l'Académie.

En l'absence de M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel, indisposé, M. A. Rutot, membre titulaire, est invité à prendre place au bureau pour remplir ses fonctions.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur ;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Michel Mourlon, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, C. Vanlair, Paul Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, A. de Hemptinne, V. Willem, *membres ;* J. Verschaffelt, L. Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe, Émile Marchal. Léon Crismer, *correspondants.*

Absences motivées : MM. G. Cesàro et P. Mansion, membres.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre des Sciences et des Arts notifie la nomination, par arrêté royal du 12 novembre, de S. E. le cardinal Mercier, directeur de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques pour 1913, comme président de l'Académie pour ladite année.

— Le même Ministre annonce que le IX^{e} Congrès international de zoologie aura lieu à Monaco, du 25 au 29 mars 1913. Le Gouvernement est invité à se faire représenter à ce congrès et demande si des membres désirent être officiellement délégués. — M. P. Pelseneer a accepté cette mission.

— Le Président du *Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark*, de Gratz, remercie l'Académie de ses félicitations au sujet de la célébration de son cinquantième anniversaire.

— M. Émile de Munck, de Saventhem, demande, au nom de son fils Charles, le dépôt d'un pli cacheté renfermant la description d'un appareil destiné à lancer avec précision des bombes d'un avion quelconque. — Accepté.

— M. Ed. Schmid, de Sauheid (Chênée), demande également le dépôt aux archives d'un pli cacheté. — Accepté.

— M. Th. Ledent, géomètre à Ixelles, annonce qu'il a trouvé une équation du 3^{e} degré qui donne la corde du polygone de 13 côtés et de deux étoiles de 13 côtés. — Dépôt aux archives.

— M. Maurice Lecat soumet à l'examen un travail *Sur la multiplication des déterminants à plusieurs dimensions*. — Commissaires : MM. Mansion et le Paige.

— Un mémoire de M. Paul Noaillon : *Nombre de solutions d'un système algébrique d'équations et d'inéquations*, est renvoyé à l'examen de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin et Deruyts.

— Hommages d'ouvrages :

Méthodologie de la botanique à l'usage des écoles normales *de l'enseignement moyen et des écoles normales de l'enseignement primaire*, par A. Gravis et Goffart (présenté par M. Pelseneer, avec une note qui figure ci-après).

Conductibilité intermittente des minces couches diélectriques, par Édouard Branly, associé.

Georg von Reichenbach, par Walter van Dyck.

Melastomataceae, Orchidaceae antillanae, par Alfr. Cogniaux.

— Remerciements.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE.

Gravis, A., et Goffart, *Méthodologie de la botanique à l'usage des écoles normales de l'enseignement moyen et des écoles normales de l'enseignement primaire.*

Les ouvrages élémentaires de botanique en usage dans l'enseignement moyen, en Belgique, sont généralement peu en rapport avec le but qu'ils doivent aider à faire atteindre. Ils semblent, malgré les bonnes intentions de leurs auteurs, refaire un ouvrage « ancien », approprié au programme actuel.

En modifiant très légèrement un aphorisme de Diderot, on peut trouver la cause de l'insuccès de ces manuels élémentaires : « il faut être profond dans l'art ou dans la science, pour en *enseigner* les éléments ».

Aussi doit-on être reconnaissant à un maître de l'enseignement supérieur, lorsqu'il s'arrache à ses travaux d'investigateur, pour écrire un livre qui ne servira qu'à enseigner les éléments d'une science qu'il a contribué à édifier.

C'est un livre de cette nature que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Son auteur, botaniste expérimenté, y a fait non seulement œuvre tout à fait personnelle, mais aussi franchement novatrice ; car il y a hardiment bouleversé les usages consacrés par une longue routine, — en se basant sur ce principe fondamental que ce qu'il y a d'essentiel dans l'enseignement, ce n'est pas le programme, mais la méthode, et qu'il faut adapter les leçons à l'âge, à la mentalité et aux besoins des auditeurs, ainsi qu'à l'outillage pédagogique dont on dispose, — alors que les anciens manuels adaptaient simplement le « cours » à la lettre du programme.

Ici, la méthode est objective et concrète; elle réduit au minimum la terminologie et l'enseignement verbal ou mnémonique; elle développe au maximum, par contre, la démonstration expérimentale, pour forcer l'élève à l'observation personnelle, à la comparaison et au raisonnement.

C'est notre confrère Gravis qui a consacré à ce but, d'apparence modeste, un travail considérable et persévérant. Son livre, intitulé : *Méthodologie de la botanique*, comprend un choix d'exercices d'organographie et d'éthologie à faire faire par les élèves, ainsi qu'un traité de botanique accompagné de renseignements relatifs aux matières à enseigner.

Pour mieux atteindre le résultat poursuivi, M. Gravis s'est adjoint comme collaborateur un membre de l'enseignement moyen. M. Goffart, professeur à l'Athénée de Huy, s'est chargé de rédiger des considérations générales sur l'enseignement de la botanique, des indications concernant le choix des sujets d'étude, les démonstrations et les expériences, des leçons modèles, etc.

Outre cet ouvrage destiné aux écoles normales, notre confrère a publié deux manuels à l'usage des élèves des athénées et des écoles moyennes.

Le succès de l'œuvre de MM. Gravis et Goffart — auquel l'Académie applaudira certainement — aura sa répercussion plus loin que dans les écoles auxquelles elle paraît simplement destinée : on peut prévoir qu'elle aura de bons effets jusque dans l'enseignement supérieur des sciences biologiques. grâce aux étudiants mieux préparés qu'elle y amènera.

Paul Pelseneer.

ÉLECTIONS.

MM. De Heen, Deruyts, Lagrange, Malaise et Mourlon sont réélus membres de la Commission des finances pour 1913.

— A la demande de M. le Ministre des Sciences et des Arts, il est procédé à la formation d'une liste de dix noms pour le jury de la deuxième période du prix décennal de mathématiques appliquées.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour la discussion des titres des candidats aux places vacantes.

RAPPORTS.

La Classe entend la lecture des rapports de MM. Van Bambeke, Fredericq et Gravis sur les requêtes de MM. Charles Francotte et Cerfontaine relatives à la Station zoologique de Naples. — Renvoi à M. le Ministre des Sciences et des Arts.

RÉSULTATS DU CONCOURS POUR 1912.

Sciences mathématiques et physiques.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de faire l'exposé de nos connaissances, ainsi que des nouvelles recherches expérimentales, sur les actions pondéromotrices des corps électrisés. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire a été reçu. Devise : *La source unique de la vérité est l'expérience.*

Rapport de M. de Hemptinne, premier commissaire

« La question a pour titre : *On demande de faire l'exposé de nos connaissances, ainsi que des nouvelles recherches expérimentales, sur les actions pondéromotrices des corps électrisés.* Elle comporte donc deux parties : l'une historique, l'autre pratique.

Dans son exposé historique, l'auteur commence par rappeler les premières découvertes relatives à l'existence du fluide électrique pendant toute la période qui s'écoule depuis Thalès de Milet (640-548 av. J.-C.) jusqu'à Franklin et Aepinus (1724-1802) ; elles se réduisent pour ainsi dire à des constatations qualitatives et à différentes hypothèses sur la nature du fluide électrique, mais elles aboutissent pourtant à l'hypothèse de la variation de la force électrique avec la distance. Déjà en 1766, Priestley avait émis l'idée que les actions électriques sont soumises aux mêmes lois que celles de la gravitation, mais c'est à Coulomb (1785) que l'on doit des expériences et des mesures précises démontrant la loi que l'on connaît.

Cette loi servit de base aux travaux mathématiques de Laplace, de Poisson, de Gauss, de Green et d'autres physiciens. L'auteur s'occupe ensuite des recherches de Faraday et de Maxwell; on sait que l'activité de ces savants s'est appliquée particulièrement à l'étude des diélectriques, dont l'interposition modifie considérablement l'action des forces pondéromotrices. Il examine encore les travaux de Helmholtz, de Clausius et discute les méthodes de mesure d'un grand nombre de savants et les travaux les plus récents sur les actions électriques. On a l'impression que l'auteur a consacré à la partie historique un travail considérable et consciencieux.

Son exposé est intéressant et adéquat aux recherches expérimentales qui constituent la seconde partie.

Partie expérimentale.

L'auteur se propose d'étudier l'action des forces pondéromotrices des corps électrisés et cela dans différentes conditions en vue d'établir s'il y a accord entre les effets observés et ceux prévus par l'application des lois de Coulomb.

Dans ce but, il mesure la force attractive ou répulsive de deux sphères électrisées, dont l'une est fixe et l'autre suspendue au fléau d'une balance très sensible; en variant les poids placés sur le plateau qui fait équilibre, on contrebalance l'effet des actions électriques et on en détermine la grandeur.

L'expérimentateur semble avoir procédé avec beaucoup de prudence pour éviter toutes les causes d'erreur, notamment l'influence des charges induites sur le plafond de la salle. L'auteur décrit les modes de suspension de la sphère fixe, mais n'est pas très explicite sur celui de la sphère mobile; les dessins sont également défectueux sur ce point. A première vue, ce détail a son importance, car la sphère ayant un diamètre de 15 à 20 centimètres, les variations du poids du volume d'air qu'elle déplace ne sont pas négligeables, si effectivement sa surface n'est percée d'aucune ouverture, comme les dessins semblent l'indiquer, et que l'on n'opère pas de façon à échapper à cette cause d'erreur. L'auteur s'est attaché autant que possible à réaliser un potentiel constant, il a aussi étudié les corrections qu'il y a lieu de faire à cause des pertes de charge des corps électrisés, enfin il n'a rien négligé pour apprécier avec toute l'exactitude possible le potentiel réel des sphères au moment de la mesure des forces attractives ou répulsives; c'est là un problème qui, au point de vue théorique et pratique, n'est pas sans difficulté.

On possède différentes formules donnant la force attractive de deux sphères électrisées, en tenant compte de leur distance, de leur dimension et de leur potentiel. On choisit l'une ou l'autre suivant les conditions de l'expérience et l'on y introduit les données numériques correspondantes. Cette opération a donné des résultats d'une concordance tout à fait remarquable entre les valeurs observées et calculées. L'auteur est donc en droit de conclure que les valeurs absolues des forces pondéromotrices s'exerçant entre les charges réparties sur deux conducteurs différents sont, dans les limites de précision des expériences, celles indiquées par les calculs théoriques basés sur l'application de la loi de Coulomb à toutes les charges présentes. Suivant l'auteur, on ne peut pourtant conclure de là que les charges agissent effectivement suivant les lignes droites qui les joignent au travers du milieu métallique, car l'expérience donne la valeur d'une certaine intégrale qui peut être obtenue de plusieurs autres fonctions différentes.

Le second chapitre de la deuxième partie est consacré à l'étude des tensions électrostatiques.

Suivant les théories généralement admises, la valeur de la tension normale à la surface d'un conducteur chargé est $2\pi\sigma^2$.

Pourtant, d'après Duhem, cette valeur n'est pas exacte. D'autre part, indépendamment des forces agissant suivant la loi de Coulomb, Foepl fait intervenir des forces d'origine élastique. Enfin, De Heen attribue les phénomènes à l'action mutuelle des lignes de force, non à leur tension longitudinale. En vue de vérifier quelles sont les théories qu'il convient d'adopter, l'auteur fait des mesures de la force répulsive qui s'exerce entre deux demi-sphères. Il étudie également l'action de zones sphériques de cylindres et de disques circulaires.

L'auteur a apporté à toutes ces recherches le soin que nous avons déjà signalé dans l'analyse du premier chapitre; on se demande pourtant si l'action des bords peut être complètement négligée. L'auteur ne trouve plus maintenant de concordance entre les valeurs théoriques calculées et les résultats des mesures expérimentales. Suivant lui, on ne peut attribuer les discordances à des défauts de la méthode expérimentale, puisque celle-ci a fourni de multiples preuves d'exactitude dans l'étude des actions à distance, où la concordance entre la théorie et l'expérience est tout à fait remarquable.

Dans le cas actuel, cette manière de raisonner me semble contraire à la logique, puisque dans la seconde partie l'auteur met en doute la loi de Coulomb.

Une analyse approfondie des formules et des résultats des expériences a amené l'auteur à conclure que la théorie qui explique le mieux les faits est basée sur l'hypothèse attribuant les tensions électrostatiques aux pressions transversales des lignes de force.

Suivant lui, la théorie de l'action à distance basée sur les lois de Coulomb n'est pas applicable à tous les cas. Comme vérification, il mesure la force répulsive de deux demi-sphères électrisées et contenant successivement de l'air et de la paraffine; le changement de diélectrique n'a pas modifié l'intensité de la force répulsive, comme cela devrait être si réellement l'action des charges électriques s'exerçait en ligne droite de tous les éléments de l'une des demi-sphères à tous les éléments de l'autre demi-sphère.

Avant de conclure, il serait nécessaire d'approfondir cette question au point de vue théorique et expérimental.

Le mémoire qui a été déposé en réponse à la première question est important et intéressant. Tout en faisant mes réserves quant aux conclusions, je me plais à reconnaître ses mérites et propose d'attribuer le prix à l'auteur. »

—

Rapport de M. Verschaffelt, deuxième commissaire.

« Je souscris volontiers à la conclusion du rapport du premier commissaire. J'estime comme lui que l'auteur du mémoire a bien mérité la récompense qu'il sollicite. Son travail est le fruit d'un labeur patient et intelligent. J'apprécie fort son heureuse initiative d'avoir voulu soumettre au contrôle de l'expérience, avec un soin tout particulier, une loi physique qui ne semble justifiée que par la vérification de ses conséquences plus ou moins lointaines; j'admire le courage avec lequel il n'a pas hésité à entreprendre des mesures délicates et à se lancer dans des calculs compliqués.

Mais si je me plais à reconnaître les mérites de l'ouvrage, au point de vue mathématique et expérimental, pour ce qui regarde la signification des résultats et l'influence qu'ils doivent avoir sur nos idées, je désire faire des réserves.

Je dois déclarer qu'au sujet de la conclusion que la théorie classique de la tension électrostatique est insuffisante (c'est-à-dire son explication et son calcul par des répulsions de charges élémentaires suivant la loi de Coulomb), je suis sceptique. Il y a dans des recherches du genre de celles entreprises par l'auteur tant de pièges et d'embûches, tant de causes d'erreurs, que je ne reconnais pas encore la nécessité d'abandonner, sur la foi des résultats de ce travail, une théorie qui, jusqu'ici, s'est montrée si fructueuse et a conduit à de si belles recherches.

L'auteur a éliminé avec sagacité beaucoup de causes d'erreurs ou en a tenu compte; mais n'en est-il pas resté? J'avoue que l'examen du mémoire ne m'a pas fait découvrir jusqu'ici une cause d'erreur qui fût capable de fausser certainement à ce point les résultats, qu'ils fussent en désaccord avec la théorie, mais j'ai néanmoins idée que cette cause existe et notamment une cause qui se fait sentir d'autant plus fortement que les dimensions du conducteur sont plus petites.

L'assertion de l'auteur, que les désaccords observés entre la théorie et l'expérience ne peuvent pas être attribués à des défauts de la méthode expérimentale, ne me semble pas justifiée. Le fait que dans la série d'expériences relatives à la loi de la distance les résultats sont conformes à la théorie, ne donne à ce sujet aucune garantie. Il se pourrait fort bien que l'erreur, si elle existe, n'eût pas d'influence sur cette loi; c'est, par exemple, ce qui arriverait si la détermination du potentiel était absolument fautive. Les expériences relatives à la tension électrostatique ont été faites dans des conditions bien différentes; là une détermination inexacte du potentiel aurait certainement une influence. D'ailleurs, dans ces dernières expériences, il se présente de nouvelles causes d'erreurs. Le fait, par exemple, que la tension électrostatique ne pouvait être mesurée que moyennant un écartement, si petit fût-il, des parties du conducteur sectionné, me semble constituer un point faible dans la méthode de l'auteur, et je pense qu'il y aurait moyen de la perfectionner.

Les résultats obtenus dans la mesure de la tension électrostatique me paraissent donc surtout discutables. Mais je ne crois pas devoir entrer ici dans une discussion à ce sujet; il vaudra mieux attendre que le mémoire ait été publié. Je suis convaincu qu'il attirera l'attention qu'il mérite, et alors la critique, qui, je pense, se fera certainement, poussera l'auteur à reprendre ses expériences dans d'autres conditions, pour voir si ses résultats sont les mêmes.

Pour le moment, je désire simplement formuler quelques remarques sur la critique que l'auteur fait des raisonnements qui ont conduit à la valeur de la tension électrostatique.

Dans la théorie classique du potentiel électrique, on trouve la valeur de la tension électrostatique en cherchant la résultante des actions des charges en tous les points de la surface du conducteur sur la charge située sur un élément de surface. Pour sommer toutes ces actions, on suppose que chacune d'elles se fait suivant la loi de Coulomb, ce qui revient à supposer qu'à travers le conducteur, et aussi à travers tout diélectrique qui le remplit à l'intérieur, s'il est creux, l'action se fait comme à travers le vide (pratiquement l'air). Avec Chwolson, l'auteur trouve que cette supposition est singulière; on sait en effet que l'action entre deux charges dépend du milieu interposé, notamment de la constante diélectrique de ce milieu; il semblerait donc que dans l'action à travers le conducteur doive intervenir la constante diélectrique de celui-ci; et la valeur de cette constante diélectrique est probablement très élevée. Il semble aussi que la constante diélectrique de la substance remplissant l'intérieur d'un conducteur creux doive intervenir également; aussi l'expérience de l'auteur, dans laquelle il remplit une sphère creuse de paraffine, et où il trouve que cela n'a pas d'influence sur la tension électrostatique, est-elle regardée par lui comme une preuve que cette tension ne résulte pas d'actions des charges les unes sur les autres, en ligne droite à travers le conducteur, et que par conséquent la théorie classique n'est pas conforme à la réalité des faits.

Il est certain que la théorie classique du potentiel électrique n'explique pas la tension électrostatique, ou du moins ne permet pas de calculer sa valeur. La théorie de Coulomb n'est applicable que dans les actions à travers un diélectrique homogène, et si l'on veut se servir de cette théorie pour trouver la tension électrostatique à la surface d'un conducteur, plein ou creux, on s'attaque à un problème que la théorie de Coulomb n'atteint pas. Si malgré cela le résultat du calcul est exact, on peut dire que c'est en quelque sorte par hasard. Si c'était uniquement cela que l'auteur veut dire, en affirmant que la théorie classique est insuffisante, je serais donc d'accord avec lui; mais alors il enfoncerait une porte ouverte, puisque, déjà pour rendre compte de l'influence du diélectrique, la théorie de Coulomb a dû être complétée par la théorie de la polarisation diélectrique. La portée de l'assertion de l'auteur est évidemment beaucoup plus grande et il veut dire que toute théorie calquée sur celle de Coulomb est insuffisante et en particulier la dernière en date, la théorie des électrons de Lorentz.

Or, sur ce point, nous ne sommes pas du tout d'accord, car, si l'on songe à la raison pour laquelle, dans les idées de Lorentz, l'action à travers un milieu matériel n'est pas la même qu'à travers le vide, on comprend parfaitement que le raisonnement classique ait fourni un bon résultat. Dans les idées de Lorentz, il n'y a d'autre diélectrique que le vide (l'éther); directement, deux charges agissent toujours l'une sur l'autre suivant la loi de Coulomb, $f = \frac{mm'}{r^2}$, quel que soit le milieu interposé, qu'il soit vide ou matériel, isolant ou conducteur. Mais à cette action directe viennent s'ajouter des actions indirectes, produites par d'autres charges, fictives ou induites; les charges induites sont des charges réelles, qui apparaissent à la surface d'un conducteur placé dans un champ électrostatique, les charges fictives résultent de la polarisation des diélectriques matériels. Ces charges induites et fictives agissent encore entre elles et sur les charges primitives suivant la simple loi de Coulomb

Lorsque les deux charges dont on considère l'action mutuelle sont immergées dans un diélectrique homogène et indéfini, les actions des charges fictives, qui viennent se superposer aux charges réelles, s'ajoutent aux actions de ces charges et il en résulte une force pondéromotrice totale, donnée par la formule $f = \frac{mm'}{Kr^2}$, c'est-à-dire que la loi de Coulomb subsiste encore, avec cette différence que la force est modifiée dans un certain rapport, qui est la constante diélectrique du milieu. Mais si le milieu dans lequel se trouvent les charges n'est plus homogène et indéfini, la loi de Coulomb modifiée ne subsiste plus; seule la loi de Coulomb primitive ($K = 1$) subsiste, et il faut dans chaque cas particulier chercher quelles sont les charges fictives et induites.

Si entre deux charges A et B, placées dans le vide ou dans l'air, on interpose une plaque diélectrique, du verre par exemple, suivant Lorentz l'action mutuelle directe des charges A et B n'est pas modifiée, mais la polarisation du diélectrique crée de nouvelles actions, qui peuvent se ramener à des charges fictives distribuées à la surface du verre, et qui modifient l'action pondéromotrice des charges A et B. Si la lame interposée est métallique, ce sont des charges induites qui modifient l'action. On voit donc que, si l'on pouvait supprimer la polarisation du diélectrique et les charges induites, l'action entre A et B se ferait comme à travers le vide. Tel doit donc être le cas si, pour une raison déterminée, il n'y a pas de charges induites ou que le diélectrique interposé ne soit pas polarisé. Il en est précisément ainsi dans le cas du calcul de la tension électrostatique à la surface d'un conducteur; la distribution de la charge est telle qu'à l'intérieur le champ électrostatique est nul; il n'y a pas de charges induites, il n'y a pas de polarisation du diélectrique intérieur, par conséquent l'action se fait à travers l'intérieur du conducteur comme s'il était vide. Voilà pourquoi la théorie classique du potentiel conduit pour la valeur de la tension électrostatique au même résultat que les théories modernes.

L'auteur cite un raisonnement de Mebius, par lequel on trouve la valeur de la tension électrostatique sans faire aucune hypothèse au sujet de son origine. La valeur ainsi trouvée est la même que celle à laquelle on arrive par la théorie classique. L'auteur reproche à ce raisonnement qu'il ne prouve pas la nécessité de l'existence d'une tension, qui est donc admise à titre d'hypothèse gratuite, et que l'on pourrait remplacer avec autant de raison par une autre. Ce reproche est immérité. Certes, le raisonnement de Mebius ne prouve pas l'existence d'une tension, qu'il admet comme prémisse; mais ce n'est pas une hypothèse gratuite, puisque les expériences sont là pour en prouver l'exactitude. Remarquez que même si, avec l'auteur, on supposait pour un moment qu'il existe dans la surface d'un conducteur électrisé une action tangentielle, cette action tangentielle donnerait quand même lieu, dans le cas d'une sphère, à une pression normale, dont la valeur serait encore égale à $\frac{V^2}{8\pi R^2}$.

Mais il y a dans le raisonnement de Mebius une erreur, ou plutôt deux erreurs qui se contrebalancent. Ce raisonnement semble basé sur la thermodynamique, mais il ne l'est qu'en apparence; en réalité il n'est pas question d'une transformation de chaleur en travail, puisqu'il est supposé que la quantité de chaleur fournie dans une partie du processus est égale à la chaleur cédée dans une autre, tout comme si le processus était isothermique. L'échauffement et le refroidissement auxquels Mebius a recours ne sont qu'un artifice pour produire un changement de volume, qu'on aurait pu réaliser tout aussi bien d'autre façon et qu'il n'était même pas nécessaire de réaliser effectivement puisque, après tout, c'est la méthode des travaux virtuels qui est appliquée En effet, Mebius n'applique pas le premier principe de la thermodynamique, comme il semblerait, mais tout simplement le principe de la conservation de l'énergie, en exprimant que le travail (réel ou virtuel) $F . 4\pi R^2 . dR$ de la tension électrostatique F dans une dilatation dR est égal à la diminution d'énergie électrostatique $\frac{M^2}{2R} - \frac{M^2}{2(R + dR)}$. Les quantités de chaleur n'interviennent pas dans ce raisonnement; aussi Mebius a-t-il soin de les éliminer en posant arbitrairement $dQ_1 = dQ_2$; or, cela est faux, car $dQ_2 - dQ_1$ n'est pas nul, mais égal aussi au travail de la tension électrostatique.

Ainsi donc, quelle qu'en soit l'origine, il existe à la surface d'un conducteur chargé une tension électrostatique, c'est-à-dire une force pondéromotrice agissant normalement à la surface du conducteur, et cette tension doit avoir pour une sphère la valeur $\frac{V^2}{8\pi R^2}$, à moins évidemment que l'expression $\frac{M^2}{2R}$ de l'énergie électrostatique de la sphère chargée soit inexacte, ce que l'on pourrait, je pense, vérifier directement et ce qui n'est pas à admettre jusqu'à nouvel ordre.

Somme toute, l'argumentation de l'auteur ne m'a pas convaincu et je ne partage pas partout sa manière de voir, mais cela ne m'empêche pas de reconnaître que son travail a du mérite à plus d'un titre. Aussi est-ce avec plaisir que je propose de lui attribuer le prix. »

Rapport de M. P. De Heen, troisième commissaire.

« Le mémoire soumis au jugement de l'Académie se compose de deux parties. Dans la première, l'auteur expose l'historique et l'état actuel de la question; dans la deuxième, il décrit ses méthodes de mesure et donne les résultats auxquels il est arrivé.

L'exposé historique est très complet; il remonte depuis l'antiquité, c'est-à-dire depuis Thalès, jusqu'aux recherches actuelles. L'auteur montre comment les physiciens ont envisagé d'abord les forces pondéromotrices dans les milieux anisotropes et comment ils tâchent d'expliquer ces forces, en commençant par Gilbert. A cette époque, l'action dite à distance n'était pas encore mise en jeu; les physiciens admettaient, au contraire, l'existence de fluides entourant les corps électrisés dont le rôle était d'exercer l'action en question. Franklin ne fait pas encore intervenir ces actions, bien que cependant on les voie nettement apparaître en germe, mais cette idée fut développée, d'une manière explicite, par Withe et Æpinus, de telle manière que la théorie des fluides entourant les corps électrisés fut délaissée.

Il est intéressant de remarquer que, jusqu'à la fin du XVI^e siècle, on ne connaissait que les forces attractives; l'action répulsive semble avoir été observée la première fois par Gabeo, mais ne paraît avoir été établie définitivement que par Guericke. A la même époque, on commence déjà à imaginer l'espace entourant les corps électrisés rempli de tourbillons que l'on suppose même capables d'agir sur nos sens.

Les lois qualitatives de répulsion et d'attraction ne sont connues qu'au commencement du XVII^e siècle par les travaux de M. Fay, qui soutient également l'idée des tourbillons.

En ce qui concerne les lois quantitatives, Bernanitti suppose le premier que les actions s'exercent en raison inverse du carré de la distance, et Priestley constatait, en 1766, l'absence de champ à l'intérieur d'un conducteur et faisait la remarque que la loi des actions électriques doit être celle qui régit la gravitation. Il paraît qu'à la même époque la mesure directe a donné à John Robinson la puissance 2,06. Enfin, Cavendish essaie de démontrer cette loi indirectement. Ces données n'étant pas connues de Coulomb, celui-ci établit par des mesures directes, mais très rudimentaires, les lois quantitatives qui sont ensuite étudiées par d'autres physiciens, tels Dorrol, Simon, Mayer, Haviss, Hyen, Marié Davy, etc., qui, pourtant bien rarement, arrivent à vaincre les difficultés considérables que l'on rencontre dans ces expériences.

Ici l'auteur du mémoire est particulièrement intéressant, car il indique les fautes commises par chacun de ces physiciens.

La loi n'étant pas suffisamment démontrée, on eut cependant confiance et l'on eut raison faute de mieux, mais à la condition que cette confiance ne dépassât pas certaine mesure, ainsi que cela semble s'être produit dans le monde des physiciens, et ce fut sur cette chose que l'on édifia la théorie mathématique du potentiel.

La théorie dont nous sommes l'auteur conduisait d'autre part aux deux conclusions suivantes : d'abord à une incertitude en ce qui concerne la réalité de la grandeur des forces théoriques calculées, lorsque l'on considère l'action réciproque de deux sphères électrisées; en second lieu, elle se mettait nettement en opposition avec la théorie actuelle en ce qui concerne les actions réciproques des éléments qui constituent une même surface électrisée et nous amenait à la conception des forces tangentielles s'exerçant à ces surfaces. Telles sont les raisons qui ont décidé l'auteur à entreprendre ses laborieuses recherches. Le doute en ce qui concerne le premier point ne s'est heureusement pas vérifié, mais notre deuxième conclusion s'est montrée complètement d'accord avec l'observation.

L'auteur donne les principes de la théorie mathématique de l'action à distance en n'envisageant évidemment que ce qui concerne les forces pondéromotrices. La loi fondamentale est ensuite démontrée par la voie indirecte, en se basant sur le fait de la distribution superficielle qui n'est compatible avec aucune autre loi que celle de Coulomb. Il examine ensuite l'influence des milieux séparant les corps électrisés, en exposant la théorie de la polarisation diélectrique et en introduisant la constante diélectrique, d'où résulte la première complication de la simple loi de Coulomb.

L'auteur indique les méthodes utilisant ces propriétés diélectriques pour la détermination des constantes diélectriques des solides, des liquides et même des électrolytes, en faisant usage des forces pondéromotrices. Les données numériques concernant les électrolytes montrent que la force électrique diminue à mesure que la conductibilité augmente. L'auteur l'utilise pour combattre avec nous la réalité des actions au travers des métaux, bien que ce raisonnement ne soit pas absolument décisif.

L'auteur traite ensuite le cas très général d'un diélectrique à travers lequel s'exerce la force électrique, et il fait ainsi voir que la loi *simple* n'est qu'une première approximation dans des cas spéciaux, mais n'est pas générale. Il appuie ceci d'une riche documentation d'expériences récentes concernant les mesures des constantes diélectriques et de leurs variations avec les efforts mécaniques auxquels elles sont nécessairement soumises dans le champ. L'expression de l'énergie totale μ donne, suivant l'analyse de Helmholtz, les composantes de la force électrique qui dépendent non seulement de la constante k, mais également de la variation produite par le champ, d'où nouvelle complication de la loi élémentaire.

Cette théorie assez complète conserve pourtant l'action à distance dans les espaces intermoléculaires ; elle est donc inférieure physiquement parlant à celle de Faraday-Maxwell, laquelle conçoit les forces pondéromotrices comme étant dues à une contrainte de l'éther, et dont l'analyse montre le caractère de tension dans la direction des lignes de force et de pression dans la direction perpendiculaire.

L'auteur établit ensuite le passage de la théorie de la polarisation à la théorie de la tension de Maxwell, en montrant que les formules de la première peuvent se ramener aux formules de la deuxième, quoique la conception physique des deux théories soit différente. En examinant les états de tension, on arrive à la conclusion que ces systèmes sont en contradiction avec la théorie de l'élasticité.

La plus satisfaisante des théories tombe donc également.

Dans le chapitre suivant, l'auteur indique les théories mécaniques qui représentent pour lui, avec raison, la physique de l'avenir.

En résumé, malgré tous les efforts des physiciens, nous n'avons pas la théorie exacte des forces pondéromotrices. Aussi cette question, qui est si généralement considérée comme établie, est à peine ébauchée, bien qu'elle se trouve à la base de la physique actuelle.

La deuxième partie du mémoire est consacrée à l'exposé de longues et laborieuses recherches expérimentales effectuées par l'auteur. Il décrit d'abord le dispositif expérimental en montrant quelles sont les conditions d'exactitude de mesure, exactitude qui dépasse de loin toutes celles qui ont été atteintes jusqu'à cette époque. L'isolement dans l'espace était parfait, puisque le plus proche objet des sphères agissantes, le plafond, était distant de 2 mètres. Malgré cette distance considérable, l'auteur tient compte de l'influence du parquet et du plafond. Il détermine toujours avec soin les variations de capacité qui résultent du rapprochement et de l'éloignement du fil de charge, ainsi que la déperdition due à l'ionisation de l'air, et aussi l'action du champ sur les fils de suspension. Les résultats montrent que, en travaillant avec des sphères dont le diamètre atteint 20 centimètres, les mesures expérimentales concordent d'une manière étonnante avec les données théoriques. Les courbes expérimentales se confondent complètement avec les courbes théoriques, tandis que dans les mesures effectuées jusqu'à présent on n'obtenait que des valeurs relatives et grossièrement approchées. Les valeurs données par l'auteur sont les valeurs absolues et présentent dès lors une importance considérable. On peut dire que les écarts sont plus petits que tout ce que l'on pouvait espérer. Mais, ainsi que le fait remarquer très justement l'auteur, si la concordance entre la théorie et l'observation existe, cela ne démontre nullement que le point dont on est parti est vrai. Nous disons que les choses se passent simplement *dans certains cas comme s'il était vrai.*

Viennent en dernier lieu les mesures relatives à la tension électrostatique. Ces mesures montrent que cette tension n'est pas indépendante du rayon de la sphère. Duhem, en partant de considérations qui peut-être pourraient se rattacher aux nôtres, est arrivé théoriquement au même résultat. Mais une expérience que nous méditions depuis de longues années et qui représente pour ainsi dire l'*experimentum crucis,* quant à la question de savoir si les actions sont normales et se transmettent au travers du métal, ou bien si elles sont tangentielles et ne se transmettent pas au travers de ces milieux, se trouve dans la mesure des actions exercées sur des zones sphériques. Ici on ne peut plus raisonnablement invoquer des erreurs possibles d'observation, attendu qu'il n'existe même plus aucun rapport entre la courbe calculée à l'aide de la théorie admise et la courbe expérimentale.

L'auteur passe en revue toutes les hypothèses imaginables pouvant être invoquées pour expliquer les faits observés et, une à une, toutes sont écartées ; il ne reste que celle ou celles qui seront éventuellement émises et analogues à la théorie mécanique que nous proposons et que l'avenir seul pourra juger, mais qui implique l'action mutuelle des lignes de force perpendiculairement à leur direction. Cette hypothèse permet de rendre compte de toutes les expériences et n'est contredite par aucun point expérimental, même emprunté à d'autres chapitres de l'électricité. Tel est le fait important et entièrement nouveau qui a été confirmé expérimentalement par ce travail.

On peut dire que le travail de l'auteur est l'un des plus importants qui aient été élaborés dans ces derniers temps, non seulement parce qu'il établit ce fait nouveau, mais parce que l'ensemble de ces mesures, qui constituent en réalité la base de toute l'électrostatique, ont atteint, *pour la première fois*, un degré de précision suffisant pour que l'on puisse édifier avec sécurité cette science déjà si ancienne.

Je propose d'attribuer à l'auteur du mémoire le prix qu'il a si bien mérité. »

La Classe adopte ces conclusions en décernant le prix de *mille francs* à M. Stephan Pienkowski, assistant à l'Institut de physique de l'Université de Liége.

QUATRIÈME QUESTION.

Exposer et compléter les recherches faites sur le calcul des variations depuis 1850. — Prix : 1000 francs.

Rapport de M. de la Vallée Poussin, premier commissaire.

« Le seul mémoire présenté porte pour devise : *Quidquid contradictionem non implicat Deus potest.*

Ce mémoire constitue un ouvrage considérable qui comporte plus de 300 pages d'un manuscrit serré. L'auteur s'est proposé d'exposer sous forme systématique les recherches faites sur le calcul des variations depuis 1850, recherches éparpillées dans plus de cinq cents mémoires et articles divers. Il s'est attaché, ainsi qu'il le dit lui-même, à comparer, caractériser, classer les méthodes et à montrer leurs liens historiques ou logiques.

Il serait difficile de méconnaître à l'auteur les qualités spéciales qu'il faut pour mener à bonne fin un travail encyclopédique tel que celui qu'il a entrepris.

L'ordre d'abord, qui règne partout, jusque dans la perfection matérielle du manuscrit et qui mérite assurément un éloge particulier du rapporteur; la clarté dans l'expression et dans l'enchaînement des idées et des méthodes; le discernement dans la détermination des résultats principaux ou secondaires; l'exactitude aussi que j'ai vérifiée par le contrôle d'un grand nombre de citations; enfin et surtout une richesse dans la documentation qui l'emporte de beaucoup sur celle des ouvrages publiés jusqu'ici sur la matière. A ce point de vue, le présent mémoire peut être comparé aux meilleurs articles de l'*Encyclopédie des sciences mathématiques* où il pourrait aussi trouver sa place avec honneur. Il est à peine besoin d'ajouter que l'auteur a complété son exposé par l'addition de tables chronologiques et bibliographiques les plus complètes qu'on puisse souhaiter. Il n'aura qu'à les compléter à nouveau, lors de l'impression, par l'addition des travaux parus cette année.

L'auteur n'apporte pas de contribution personnelle à la théorie. Aussi je reconnais volontiers qu'il ne répond qu'à la première partie de la question. On aurait peut-être tort de s'en plaindre. Des recherches personnelles ne trouveraient pas leur place ici et devraient faire l'objet d'un mémoire spécial.

Il me reste à conclure.

L'ouvrage soumis à mon examen répond d'une manière adéquate à la première partie de la question. Il est appelé à rendre de précieux services au point de vue documentaire. Il est manifestement le fruit d'un labeur considérable. J'estime qu'il mérite le prix. »

MM. P. Mansion et A. Demoulin se rallient aux conclusions du premier rapporteur.

Elles sont adoptées par la Classe. Le prix est décerné à M. Maurice Lecat, docteur en sciences, à Watermael.

—

Sciences naturelles.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles observations l'état de nos connaissances concernant la constitution du massif cambrien de Stavelot.

Les observations nouvelles devront être rapportées sur une carte au 20 000^e. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise : *Igne natura renovatur integra.*

Rapport de M. Max. Lohest, premier commissaire.

« On observe, dans le Salmien supérieur de la région métamorphique de la Salm, des séries de couches de composition minéralogique très différente. L'ordre dans lequel ces différentes séries se sont primitivement déposées est un problème resté obscur. De nombreuses dislocations rendent son étude difficile. Dumont, dans son mémoire sur le terrain ardennais, en avait esquissé une solution. Mais d'autres auteurs ont successivement proposé diverses modifications à son opinion. Le petit nombre de points permettant des observations précises laissait la question irrésolue.

Profitant de la confection de nombreuses tranchées et de nouvelles voies de communication dans cette région du massif de Stavelot, l'auteur a exploré un territoire assez étendu, comprenant une bonne partie des planchettes de Lierneux, Bihain, Bra, Odeigne, de la Carte au 20 000^e.

Il a eu l'occasion d'y relever de nombreux affleurements et quelques coupes nouvelles et intéressantes.

Il est parvenu, jusqu'à un certain point, à figurer sur la carte l'allure des différentes zones minéralogiques qu'il a pu distinguer et est arrivé, en conclusion, à proposer pour le Salmien supérieur une classification différente de celle de ses prédécesseurs. Comme il le déclare, il n'a point la prétention d'avoir résolu le problème. On peut lui objecter que certaines coupes qu'il figure pourraient recevoir une autre interprétation que celle qu'il adopte.

Quoi qu'il en soit, ces observations sont précises et ce mémoire est le fruit de longues études sur le terrain. Il me paraît mériter la récompense prévue.

Le principal intérêt du mémoire consiste dans quatre cartes à l'échelle du 20 000^{e} qui l'accompagnent. L'Académie ne peut songer à publier ces documents. Je propose de les déposer (soit les originaux, soit une copie) au Service géologique. L'auteur pourrait publier à l'Académie les huit pages de texte de son mémoire et appuyer sa manière de voir par un croquis à échelle réduite. »

—

Rapport de M. Mourlon, deuxième commissaire.

« Au point où en sont arrivées les études géologiques dans notre pays qui présente, sur un espace relativement restreint, les formations les plus variées et souvent les plus typiques, on ne saurait assez reconnaître la nécessité, en présence surtout des résultats déjà obtenus, de chercher à compléter notre documentation géologique avec la plus grande précision et dans le plus grand détail.

C'est ce qui justifie pleinement la question posée par l'Académie pour le massif cambrien de Stavelot.

Seulement, pour pouvoir apprécier l'importance du mémoire répondant à cette question et surtout des cartes de levés qui y sont jointes, il faudrait, sinon revoir certains points sur le terrain, tout au moins se trouver en possession des notes détaillées et des échantillons se rapportant aux principaux affleurements.

Heureusement que la région à laquelle s'applique le mémoire qui nous est présenté est précisément celle qui a été levée et exécutée par notre premier rapporteur, M. Lohest, pour notre Carte géologique au 40 000^e. Ce dernier ayant une compétence toute spéciale pour apprécier les travaux de l'auteur du mémoire, travaux qui ne sont que la continuation et le développement des siens propres, je ne puis que me rallier à ses conclusions. »

—

Rapport de M. J. Cornet, troisième commissaire.

« En ce qui concerne la valeur du travail qui nous est soumis, j'adopte avec confiance l'appréciation de M. Lohest, qui connaît particulièrement bien la région étudiée et peut, mieux que tout autre, apprécier le mérite des observations de l'auteur et l'intérêt de ses déductions.

» Je me rallie également aux conclusions et propositions de MM. Lohest et Mourlon. »

La Classe adopte ces conclusions et décerne le prix de *mille francs* à M. Léopold de Dorlodot, de Charleroi.

—

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur la tectonique du Brabant et des régions limitrophes. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise : *La position des roches dépendant des divers mouvements...*

Rapport de M. C. Malaise, premier commissaire.

« Un mémoire a été reçu. Il porte comme titre : *La tectonique du Brabant et des régions voisines,* et comme épigraphe : « La position des roches dépendant des divers mouvements que ces roches ont subis depuis leur formation, on concevra qu'elle a dû varier plus ou moins à chaque dislocation du sol et qu'il doit être bien difficile de constater tous ces mouvements et de déterminer l'effet produit par chacun d'eux (¹). »

« En entreprenant ce travail, dit l'auteur du mémoire soumis à notre appréciation, nous avons eu surtout pour but de donner une vue d'ensemble de la tectonique des terrains du Brabant et spécialement des terrains primaires. »

Pour arriver à la solution désirée, il examine d'abord dans l'*Introduction* l'état de la question et les travaux qui s'y rapportent plus ou moins directement; puis dans cinq chapitres, dont plusieurs comportent différents paragraphes, il étudie et synthétise.

CHAPITRE Iᵉʳ. — *Le Cambro-Silurien du massif du Brabant :* sa stratigraphie, les mouvements du sol au cours de sa formation, sa tectonique détaillée dans les différents massifs ou vallées où il affleure.

CHAPITRE II. — *Le Devonien et le Carbonifère :* stratigraphie, mouvements du sol, tectonique détaillée, relations entre l'allure du Devono-Carbonifère et du Cambro-Silurien.

CHAPITRE III. — *Le clivage schisteux des roches* cambro-siluriennes et des roches devoniennes et carbonifères : observations générales sur le clivage schisteux dans le Brabant.

CHAPITRE IV. — *Les roches éruptives du Brabant :* époque d'apparition, roches éruptives massives, roches éruptives interstratifiées : effets que les premières ont pu produire sur les roches encaissantes.

CHAPITRE V. — *Les dépôts secondaires et tertiaires :* influence des terrains primaires sous-jacents sur leur allure.

(¹) A. DUMONT, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan,* p. 478.

CHAPITRE VI. — Résumé et conclusions.

Nous allons analyser successivement ces divers chapitres.

INTRODUCTION. — Les recherches de l'auteur du mémoire sur la tectonique du Brabant portent principalement sur les dépôts primaires qui ont subi les effets de la poussée hercynienne à la fin de la période houillère, et surtout sur les formations cambro-siluriennes qui, antérieurement à l'époque devonienne, ont été déformées par les plissements calédoniens.

Il rappelle que la tectonique du Brabant a peu occupé les géologues : André Dumont, Jules Gosselet, Constantin Malaise et quelques autres ont fourni d'utiles renseignements. Dumont a noté l'allure des couches et certains raccordements ; J. Gosselet a donné quelques instructions précieuses sur l'allure des couches ; les travaux du Prof^r^ C. Malaise ont surtout eu pour objet d'établir la stratigraphie du Cambro-Silurien.

Parmi les travaux d'ensemble sur la tectonique de la Belgique, citons : la *Carte tectonique de la Belgique*, de Gustave Dewalque ; la *Tectonique de l'Ardenne*, de Paul Fourmarier, avec notions très sommaires sur le Brabant, notions reproduites dans un travail de MM. Max. Lohest et P. Fourmarier, et le travail de M. Max. Lohest : *Les grandes lignes de la géologie des terrains primaires belges*.

Les terrains primaires nous apparaissent, sous la couverture de Secondaire et de Tertiaire, comme formant un anticlinal surbaissé, qui a reçu le nom d'Anticlinal du Brabant, bordé au nord et au sud par le Devonien, le Calcaire carbonifère et le Houiller. Son grand axe est dirigé approximativement O.-N.-O. à E.-S.-E.

Dans le chapitre I^er^ : LE CAMBRO-SILURIEN, paragraphe 1^er^, l'auteur traite de la *stratigraphie générale de ces deux systèmes*. Il adopte notre dernière échelle stratigraphique telle que nous l'avons proposée en 1911 : il la discute et se demande si toutes ces assises sont bien concordantes; les divisions du Cambro-Silurien de la Carte géologique au 40,000^e ne ressemblent pas à celles de ma légende actuelle.

On comprendra aisément que la légende du levé du Cambrien et du Silurien de la Carte géologique au 40,000^e, élaborée il y a pas mal d'années, ne soit plus, à l'heure actuelle, absolument conforme à celle rectifiée d'après mes dernières découvertes et observations, à celle que j'ai donnée en 1912. D'accord avec le Service géologique, j'ai déjà rectifié un certain nombre de planchettes manuscrites, et j'espère bien pouvoir achever les autres dans un délai très rapproché pour ce qui concerne le massif cambro-silurien du Brabant : les planches qui renferment ces deux systèmes seront alors en conformité avec ma dernière légende.

Parmi les quelques observations qu'il fait à ma dernière légende, l'auteur croyant voir dans la vallée de la Sennette, les roches d'Oisquercq passer progressivement aux roches supérieures, se demande pourquoi je ne les ai pas laissées au même niveau que les schistes noirs graphiteux de Mousty en les admettant comme facies différents d'une même assise, ainsi que l'indique la Carte au 40,000^e, et pourquoi les premières sont considérées comme partie supérieure de l'assise de Tubize *Dv2*, tandis que les seconds deviennent du Revinien. J'ai considéré les schistes bigarrés d'Oisquercq supérieurs aux schistes ou phyllades verdâtres de Tubize, comme étant un produit de l'altération de ces derniers, parce qu'ils ont la même composition, ainsi que G. de Windt l'a constaté : ils sont tous deux aimantifères, mais dans les schistes d'Oisquercq, les aimants ont généralement disparu, et l'on n'y rencontre que des cristaux négatifs ou cavités octaédriques. J'ai trouvé dans les schistes d'Oisquercq des *Oldhamia*, comme dans les schistes de Tubize. Enfin, j'ai observé à Court-Saint-Étienne, dans un chemin creux, derrière le parc de M. le comte Goblet d'Alviella, des schistes verdâtres recouverts de roches bigarrées et, au-dessus de ces dernières, les schistes noirs graphiteux de Mousty.

Quant aux analogies et différences qui peuvent exister entre les roches reviniennes de Jodoigne, si ressemblantes au Revinien des Ardennes et à celles de Mousty, je pourrais montrer à l'auteur du travail des phyllades trouvés à Mousty, identiques à ceux de Jodoigne et au Revinien de l'Ardenne du massif de Stavelot.

Pour ce qui concerne les roches noires d'Hasquinpont, une bonne partie au moins appartient à l'assise de Rigenée.

Il reste encore bien à faire dans le Cambrien et le Silurien du Brabant, et l'on ne peut que féliciter les géologues qui apportent de nouveaux matériaux ou de nouvelles observations propres à éclaircir la question.

Le paragraphe 2 est consacré aux *Mouvements du sol au cours de la formation du Siluro-Cambrien.*

Dans le paragraphe 3, *Tectonique détaillée du Siluro-Cambrien du Brabant,* l'auteur étudie la constitution des différents massifs qui n'affleurent généralement que dans les vallées.

A. — Massif de la Dendre, entre Lessines et Ath et le long de la Sille, formé du Silurien (*Sl2b*) au S. et du Devillien (*Dv2*) au N.

B. — Massif d'Enghien, vallée de la Marcq, aux environs d'Enghien et de Marcq.

Aux environs de Marcq et à proximité du ruisseau du même nom, et d'une petite chapelle, l'auteur signale des roches chiffonnées : « elles nous paraissent, dit-il, ressembler fort aux quartzophyllades zonaires de l'assise de Villers ». Or, dans ces roches notées *Sl2b,* j'ai recueilli *Monograptus colonus ;* ce serait dans *Sl2b* de l'ancienne légende qu'il faudrait placer ces roches, ou à l'assise de Vichenet *Sl2b* de ma dernière légende.

C. — Massif de la Senne et de ses affluents. Vallées de la

Senne, de la Braine, de la Sennette, de la Samme et de la Thine.

Il étudie la coupe de la Senne, de Hal à Tubize, et de la Sennette, de Tubize à Ronquières. Il donne l'allure des couches des différentes assises et signale des faits dont quelques-uns me paraissent nouveaux, ainsi que les appréciations qu'il en fait et quelques-unes des conclusions qu'il en déduit. Restrictions les plus complètes, bien entendu, pour ce qui concerne l'assimilation des roches bigarrées d'Oisquercq, comme âge, avec les schistes graphiteux de Mousty. Ces derniers manquent, selon moi, dans les vallées de la Senne et de la Sennette, à moins qu'ils n'y soient représentés par d'autres roches que les schistes d'Oisquercq et supérieures à ceux-ci.

Quant aux roches d'Hasquinpont, je connais d'autres faits qui m'entraîneraient trop loin et qui sont de moindre importance pour la question dont s'occupe le travail soumis à notre appréciation.

Nous sommes d'accord avec l'auteur pour croire à un raccordement entre les massifs de la Senne, d'Enghien et la partie nord du massif de la Dendre, « au cas, dit l'auteur du mémoire, où il serait bien démontré que les roches vertes des environs de Lessines appartiennent au Devillien ». Sous ce dernier rapport, je crois pouvoir affirmer que les schistes verdâtres ou rougeâtres, souvent aimantifères, avec arkose (Ferme Bronchenne), appartiennent à l'assise de Tubize.

D. — Massif de la Dyle.

Il décrit la succession et l'allure des roches cambriennes des diverses assises et établit leur raccordement avec celles du massif de la Senne.

E. — Massif de la Geete.

Il donne l'allure et les caractères du Devillien inférieur, sur lequel repose directement le Revinien, probablement par suite d'une faille. Il fait, de même que Dumont et moi-même, remarquer la similitude de caractères du Revinien des environs de Jodoigne avec celui de l'Ardenne du massif de Stavelot. Ajoutons que les schistes et phyllades noirs de Jodoigne présentent souvent des feuillets rougeâtres, comme on en observe aux environs de Cul-des-Sarts.

Il établit le raccordement du massif de la Geete à celui de la Dyle.

F. — Massif Orneau-Méhaigne.

Il donne la série de l'Orneau et de la Méhaigne et leur raccord avec celui de la Dyle (¹).

G. — Massif de Horion-Hozémont (¹).

H. — Dans la « partie du massif du Brabant reconnue par sondages », rien à ajouter à ce qui a déjà été signalé.

Dans le chapitre II : LE DEVONIEN ET LE CARBONIFÈRE, qui limitent, au nord comme au sud, le bassin cambro-silurien du Brabant : au nord, c'est la bordure du bassin de la Campine; au sud, c'est le versant septentrional du bassin de Namur.

Dans le § 1^er^, il expose sommairement la *Stratigraphie de ces deux systèmes*, tout en se permettant certaines hypothèses qui me semblent assez bien, mais qui, comme il le dit, ne sont ici que choses accessoires.

Dans le § 2, *Les mouvements du sol*, les roches devoniennes du Devonien moyen reposent en discordance sur le Cambro-Silurien du Brabant. L'envahissement de ce continent s'est fait

---

(¹) Je n'ai pas fait le levé du Silurien de Jehay-Bodegnée à Saint-Georges, donc je ne suis pour rien dans les déterminations ou assimilations qu'on y a faites.

progressivement du sud vers le nord, ainsi qu'il ressort de la répartition des systèmes devonien et carboniférien en Belgique. La composition de ces systèmes nous indique que le mouvement de progression de la mer vers le nord s'est fait par une série d'oscillations du sol.

§ 3. *Tectonique détaillée.* — Le Devonien et le Carbonifère s'étendent de part et d'autre du Cambro-Silurien du Brabant en deux branches convergeant vers l'Est et formant, d'une part, la bordure du Houiller de la Campine et, d'autre part, du Houiller de Sambre-et-Meuse.

L'auteur n'a que peu de détails à donner sur A, la bande septentrionale sur laquelle repose le Houiller de la Campine.

Il étudie d'une façon toute spéciale B, la bande méridionale qui sépare le Houiller de Sambre-et-Meuse du Cambro-Silurien du Brabant. Il en a visité tous les affleurements de la région; il en relate tous les accidents tectoniques et fait usage du résultat des sondages. Il décrit successivement les affleurements de la vallée de la Dendre; de celle de la Senne entre Soignies et Horrues; de la Sennette en amont de Ronquières jusque Écaussines; de la Samme entre Ronquières et Feluy; de la vallée de l'Orneau, de Mazy à la Sambre; de la vallée du Hoyoux, d'Émines, Bovesse à Namur; de Marche-les-Dames à Hingeon; il examine et discute les accidents tectoniques qui se trouvent au voisinage du massif silurien de Landenne-sur-Meuse, ainsi que ceux des environs du massif silurien de Horion-Hozémont. Il discute longuement les failles signalées dans le Devonien et le Carbonifère de cette bande, ainsi que de leur prolongement ou contact avec le Silurien : il en malmène, peut-être avec raison, un certain nombre de failles et indique pas mal de nouvelles, dont il expose l'allure.

Le § 4 traite des *Relations entre l'allure du Devono-Carbonifère et du Siluro-Cambrien.* Dans son ensemble, le Cambro-Silurien du Brabant présente un grand anticlinal compliqué de plis secondaires, dont la partie centrale est occupée par les termes les plus inférieurs du Cambrien, tandis que vers le nord, comme vers le sud, on rencontre les couches supérieures du Cambrien, puis du Silurien. En tenant compte des affleurements et des sondages, l'auteur a pu conclure que « le grand anticlinal du Brabant s'ennoie vers l'est et vers l'ouest, pour former un dôme allongé de l'est à l'ouest ».

Le Devonien et le Carbonifère forment aussi un anticlinal à ennoyage est : si on rétablit les couches enlevées par érosion au-dessus du massif du Brabant, on obtient un anticlinal très surbaissé, dont l'axe coïncide à peu près avec l'axe de l'anticlinal du Cambro-Silurien.

L'auteur recherche s'il y a concordance de direction entre les plis du Cambro-Silurien et ceux du Devonien sur le bord sud naturellement ; les conclusions de ses observations sont que « les strates siluriennes s'incurvent en direction dans le même sens que le Devonien, et à peu près parallèlement à celui-ci ».

On pourrait supposer que cette disposition est la conséquence du dernier plissement, le hercynien, subi par l'ensemble des terrains primaires, mais l'auteur ne le croit pas. Il pense que le Cambro-Silurien du Brabant avait à peu près sa structure actuelle au moment où le Devonien s'est déposé ; le plissement hercynien n'y a apporté que de faibles modifications ; il croit même qu'il a été influencé par la structure préexistante due au plissement calédonien.

Dans le Devonien et le Carbonifère, strates peu inclinées ; dans le Cambrien et le Silurien, les couches sont redressées et plissées ; dans le Devono-Carbonifère, les plis secondaires se déversent vers le nord ; dans le Cambrien et le Silurien, les plis secondaires ont une tendance à se déverser vers le sud.

La plupart des failles longitudinales qui affectent le Devonien et le Carbonifère, sont faiblement inclinées vers le sud ; dans le Cambrien et le Silurien, les failles qu'il a pu observer ont une inclinaison nord. Il pense aussi que ces failles, dues au plissement calédonien, ont pu faire sentir leurs effets à l'époque du plissement hercynien, dans les couches faiblement inclinées avoisinant l'anticlinal du Brabant.

Dans le chapitre III : LE CLIVAGE SCHISTEUX, l'auteur envisage le clivage schisteux ou feuilletage des schistes et des phyllades, déformation qui, au même titre que les plissements et les failles, est une conséquence des efforts auxquels ces roches ont été soumises. Les observations qu'il a faites à ce sujet l'ont conduit à quelques considérations et déductions intéressantes.

Dans le § 1, *Le clivage des roches siluro-cambriennes*, l'auteur passe en revue les différents massifs.

Il résulte de ces diverses observations que le clivage des schistes cambro-siluriens incline fortement vers le nord : disposition différente de celle de l'Ardenne, où les clivages sont inclinés au sud et où des plis déversés vers le nord indiquent une poussée dirigée du sud vers le nord. Or, pour le Brabant, il a trouvé un indice d'une poussée dirigée du nord vers le sud, dans ce fait qu'on y observe des plis déversés vers le sud. Il conclut que « le clivage schisteux est en relation directe avec la poussée orogénique qui a déformé les couches sédimentaires ».

En direction, les couches cambro-siluriennes décrivent une courbe dont la concavité est tournée vers le nord; il résulte des données fournies par ses observations que la direction du clivage schisteux décrit une courbe identique.

Il a également observé que certaines roches éruptives du massif du Brabant : porphyroïdes, kératophyres, porphyre quartzifère de Steenkup (Bierghes), offrent des clivages schisteux ou des joints grossièrement parallèles, qui ont, pour ainsi dire, la même allure que ceux des schistes encaissants.

§ 2. *Le clivage des roches devoniennes et carbonifériennes.* — Très différent du précédent, si on en excepte les bancs plus tendres où le clivage schisteux est oblique à la stratification, le clivage est ici peu développé et généralement parallèle à la stratification.

Dans le Devono-Carbonifère, le clivage schisteux incline vers le sud d'un angle un peu supérieur à celui des couches qu'il affecte. Or, dans le bassin de Namur, la poussée orogénique s'est fait sentir du sud au nord à l'époque du plissement hercynien.

§ 3. *Observations générales sur le clivage schisteux dans le Brabant.* — L'auteur conclut que « le clivage schisteux qui affecte le Cambro-Silurien du Brabant s'est produit à l'époque du plissement calédonien, puisque le clivage des roches plus récentes est totalement différent ». Il donne comme fait acquis que le clivage schisteux se développe surtout dans les roches soumises à une forte charge de sédiments. Il base ses déductions sur ce que les roches inférieures de l'ensemble du Devonien et du Carbonifère sont beaucoup plus clivées que les couches du terrain houiller, notamment en Ardenne pour les couches inférieures du Devonien; il cite à l'appui de cette opinion les travaux du Prof^r Max. Lohest, qui a montré, par des expériences réalisées dans son laboratoire, que le clivage ne se développait que lorsque les échantillons qu'il essayait étaient soumis à une charge considérable.

Le clivage schisteux étant nettement développé dans les couches les plus élevées de la série cambro-silurienne, il en a conclu, très logiquement, que les couches supportaient une charge considérable au moment du plissement calédonien.

L'étude du clivage schisteux a conduit l'auteur à une autre considération ou conclusion extrêmement remarquable et intéressante.

Dans la série devono-carbonifère, le clivage schisteux, lorsqu'il est bien développé, incline au sud; or, l'allure des failles de refoulement au bord nord du bassin de Namur montre, et c'est le cas pour le Houiller, que ces failles ont, en général, une inclinaison sud, un peu plus forte que celle des couches qu'elles traversent.

Dans le Cambrien et le Silurien, le clivage incline au nord, les petites failles sont presque toutes inclinées au nord.

« Nous voyons donc, dit-il, qu'il y a une similitude d'allure entre le clivage schisteux et les failles de refoulement, tout aussi bien dans un système de couches que dans l'autre. »

Chapitre IV. Les roches éruptives du Brabant. — L'auteur étudie les roches massives et les roches interstratifiées, dans le but surtout de rechercher l'influence qu'elles ont pu avoir sur la tectonique de la région. Il se pose d'abord la question : Quel est l'âge des roches éruptives du Brabant?

Les roches éruptives interstratifiées sont d'âge silurien : il ne s'en occupe pas.

Quant aux roches éruptives massives, il étudie la porphyrite de Quenast ; il discute les opinions émises sur son époque de venue, mais il n'apporte rien de nouveau sous ce rapport ; il admet, avec la grande majorité des géologues, que cette porphyrite est antédevonienne.

On trouve des roches éruptives dans le Cambrien : diorite du Champ-Saint-Véron-Lembecq, porphyre quartzifère de Steenkup (Bierghes) ; les autres roches interstratifiées du Brabant sont dans le Silurien.

Quant aux roches éruptives massives, porphyrite de Lessines et de Quenast, on peut se demander si elles sont antérieures ou postérieures au plissement calédonien.

« Cette question, dit l'auteur, présente un grand intérêt, car, si elles se sont formées avant le commencement de ce plissement, elles ont pu avoir une influence sur l'allure qui résultait des efforts géodynamiques. »

Les roches éruptives interstratifiées se comportent comme les roches encaissantes ; elles ont été redressées, plissées, faillées, etc. Au gisement de la porphyroïde de Monstreux, on voit nettement la roche éruptive coupée par une faille qui affecte également les schistes siluriens et qui a paru à l'auteur, d'après son allure, en relation directe avec le plissement calédonien.

Quant aux venues des roches massives de Quenast et de Lessines, il suppose qu'elles se sont faites pendant l'Ordovicien, mais l'âge de leur venue est incertain.

Il recherche ensuite si ces roches ont eu une influence sur le plissement, en admettant donc que ces roches soient antérieures à ce plissement. Mais le rôle des masses de porphyrite dans le plissement ne peut être déterminé avec certitude, quoiqu'il ait paru à l'auteur que la porphyrite de Quenast avait eu une certaine influence sur l'allure des plis et sur la production des failles ; mais les renseignements sont insuffisants.

Chapitre V. Les dépôts secondaires et tertiaires. — L'auteur recherche si le massif du Brabant a pu avoir une influence directe sur la structure actuelle du Secondaire et du Tertiaire.

Au sud du Brabant on trouve le bassin crétacé de la Haine, dont la disposition synclinale des couches est, en partie tout au moins, d'origine tectonique : c'est un pli postsecondaire E.-O., conforme à l'allure du plissement hercynien.

On voit que le Crétacé, avec son raccord de Tournai, par Renaix-Bruxelles, aux affleurements de la Petite Geete et de la Méhaigne, forme une espèce de dôme dont le sommet a été complètement arasé. Cette partie centrale du dôme crétacé coïncide précisément avec la partie centrale du massif cambrien du Brabant, marquée par les affleurements du Devillien inférieur.

« Il semble donc bien, dit-il, que le massif du Brabant a encore fait sentir ses effets sur la structure des terrains secondaires. »

Les terrains tertiaires recouvrent le Crétacé en discordance de stratification, surtout nette dans le bassin de la Haine.

Après le dépôt du Landenien, un mouvement assez important du sol a eu pour effet d'accentuer légèrement la cuvette crétacée de la Haine et le dôme qui lui fait suite vers le nord.

Le Landenien a été érodé sur les affleurements du Cambro-Silurien du Brabant ; le terrain primaire est recouvert en discordance de stratification par l'Ypresien et le Bruxellien. Cette zone où le Landenien n'existe pas correspond à la partie centrale du massif du Brabant.

La répartition des terrains les plus récents ne paraît plus avoir été influencée par la structure du massif du Brabant, quoiqu'elle soit en relation avec l'allure de l'ensemble de nos terrains primaires.

Chapitre VI. Résumé et conclusions. — L'auteur y résume et accentue ses remarquables conclusions. Il a exposé quelles sont les causes et à quel moment se sont produits les phénomènes ou accidents tectoniques qui ont donné au massif du Brabant et aux roches voisines la forme, la position et l'aspect qu'ils ont, ainsi que les accidents tectoniques qui les ont affectés.

Les massifs cambriens de l'anticlinal de l'Ardenne et le massif du Brabant forment un grand synclinal dont la zone axiale est occupée par du Silurien et dont les deux flancs tendent à se rapprocher sous l'effort de deux poussées antagonistes, pour former une sorte de pli étranglé.

Le plissement calédonien a joué un grand rôle dans la tectonique du Cambro-Silurien du Brabant, puisqu'il a déterminé l'allure générale de toutes les déformations ultérieures.

L'auteur a montré dans l'allure du clivage schisteux du Cambro-Silurien du Brabant une conséquence directe du sens de la poussée, et il a fait remarquer, en comparant le clivage dans le Devono-Carbonifère et dans les terrains plus anciens, qu'il est probable que la partie supérieure du Silurien a disparu et nous est, par conséquent, inconnue.

Je me permettrai, et cette critique ne vise pas le travail qui nous est soumis, d'adresser un petit conseil aux géologues qui s'occupent de tectonique. Quelques-uns me paraissent non seulement portés à voir trop de plis, mais en outre parfois à en imaginer; de même pour ce qui concerne l'inclinaison des couches. C'est ce qui aurait pu arriver, dans certains cas, à celui représenté près de l'ancienne poudrière de Corroy-le-Château : si l'affleurement n'avait été visible qu'à la partie supérieure des couches qui ont été ployées, on en aurait déduit une inclinaison diamétralement inverse de la véritable.

CONCLUSIONS. — Dans la tectonique du Cambro-Silurien du Brabant, l'auteur a étudié avec soin la constitution, en donnant des coupes dont il établit le raccordement (1).

Dans ces études sur le Devonien et le Carbonifère qui limitent, au nord comme au sud, le Cambro-Silurien du Brabant, il a émis certaines hypothèses relatives aux mouvements du sol : il explique la venue de ces terrains; l'envahissement s'est fait du sud vers le nord, et les mouvements de progression de la mer ont eu lieu vers le nord.

Dans son étude détaillée de la bande méridionale qui sépare le Houiller de Sambre-et-Meuse du Cambro-Silurien du Brabant, il cite tous les affleurements des différents massifs; il décrit tous les accidents tectoniques, les failles si importantes des massifs siluriens de Landenne-sur-Meuse et de Hozémont.

Les relations entre l'allure du Devono-Carbonifère et celle du Cambro-Silurien le font arriver à des conclusions des plus remarquables.

L'observation de l'allure des clivages schisteux dans le Cambro-Silurien le conduit également à d'importantes conclusions, qui prouvent qu'ils sont en relation avec la poussée orogénique, clivages qui existent de même dans les roches cristallines massives et qui s'est produit à l'époque du plissement calédonien.

Une carte au 100,000^e résume graphiquement ce qui a été exposé dans le mémoire.

---

(1) J'ai levé jadis certaines coupes qu'il figure ; nous sommes, sous ce rapport, parfaitement d'accord. Mes coupes du Cambrien et du Silurien, relatives au 20,000^e des planchettes minutes, sur lesquelles j'ai levé ces deux systèmes, ont été remises au Service géologique en même temps que les notes qui les concernaient.

Elle est destinée à montrer, outre la répartition des terrains, l'allure tectonique des divers massifs de roches primaires et surtout le raccordement des massifs entre eux, et par conséquent l'extension probable de chaque terrain sous les formations horizontales. Elle montre aussi l'allure du Crétacé et du Landenien sous les dépôts tertiaires plus récents, dans le but de rechercher s'il y a une relation entre la répartition des roches primaires et les mouvements du sol pendant les périodes secondaire et tertiaire.

Je considère cette carte comme un complément indispensable, et je propose de la publier telle qu'elle est, à l'échelle du 100,000^e.

Le mémoire est bien coordonné, l'explication est claire, la lecture facile. Certaines questions sont examinées à un point de vue tout nouveau, ainsi que les conclusions qui en découlent.

L'auteur a fait de patientes et fructueuses recherches et observations qu'il a parfaitement condensées.

J'ai examiné le mémoire avec d'autant plus d'intérêt que depuis environ un demi-siècle j'étudie les formations cambrosiluriennes de Belgique ; il m'est agréable de constater de quelle façon remarquable la question a été traitée : aussi je suis heureux de féliciter l'auteur du mémoire portant pour devise : « La position des roches dépendant.... produit par chacun d'eux » et de proposer à la Classe de lui accorder le prix de 1,000 francs et l'insertion dans les *Mémoires* in-4° de son travail, avec les figures et la carte qui l'accompagnent. »

MM. Max Lohest et Mourlon adhèrent aux conclusions de ce rapport.

Elles sont adoptées par la Classe, qui décerne le prix de *mille francs* à M. Paul Fourmarier, ingénieur au Corps des mines, répétiteur à l'Université de Liége.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le venin d'un animal invertébré. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise :
Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire

« La Classe des sciences de l'Académie a reçu un mémoire portant pour titre : *Recherches expérimentales sur le venin des Scorpions des oasis du Sahara*, en réponse à la cinquième question du concours de 1912, formulée ainsi : *On demande de nouvelles recherches sur le venin d'un animal invertébré.* C'est un manuscrit de 86 feuillets, accompagné d'un atlas de graphiques de pression sanguine.

Après un historique de la question (que l'auteur pourra compléter en consultant la monographie de Joyeux-Laffuie [Thèse de docteur ès sciences de 1883] pour les travaux anciens et le résumé de Léon Fredericq paru dans le *Handbuch der vergleichenden Physiologie,* de Winterstein, pour les travaux récents), l'auteur nous donne quelques détails sur les mœurs des deux Scorpions du Sahara dont il a étudié le venin.

On sait que Maurice Arthus admet pour les venins de Serpent des propriétés générales *protéotoxiques,* communes à tous les venins, à côté de propriétés *spécifiques,* variables d'une espèce à l'autre. L'auteur, adoptant ce point de vue, a recherché si les effets du venin de Scorpion pouvaient être ramenés au même schéma et est arrivé sur ce point à une conclusion affirmative.

Il a injecté le venin à des Lapins et à des Chiens, en ayant soin d'enregistrer la pression sanguine et les mouvements respiratoires et d'observer la coagulabilité du sang ainsi que les sécrétions et le péristaltisme intestinal.

Il a constaté, comme rentrant dans le schéma des propriétés protéotoxiques du venin, l'abaissement de la pression sanguine qui est de règle chez le Lapin et qui se montre d'une façon passagère chez le Chien, l'accélération respiratoire, surtout marquée chez le Lapin, enfin la diminution de coagulabilité du sang qui se montre seulement chez le Chien.

A cette action protéotoxique banale du venin des Scorpions sahariens s'ajoute une remarquable propriété spécifique découverte par l'auteur, celle d'augmenter d'une façon durable et notable la pression artérielle chez le Chien.

L'auteur a constaté aussi chez le Chien une salivation abondante et une sécrétion fort exagérée des voies nasales, se manifestant encore malgré la présence de l'atropine.

On peut regretter que l'auteur se soit borné à *amorcer*, comme il dit, l'étude des faits intéressants découverts par lui et qu'il n'ait pas eu le loisir d'en éclaircir l'interprétation Il était certes qualifié pour mener cette étude à des conclusions précises, à en juger par la façon tout à fait correcte et classique dont il a conduit les expériences. Son travail, tout en étant très bien fait, n'aborde même pas le problème des mécanismes par lesquels agit le venin des Scorpions, problème qu'avaient posé les recherches de Paul Bert, Cavaroz, Jousset de Bellesmes, Joyeux-Laffuie, Wilson, Nicolle et Catouillard, etc.

Quelque incomplètes qu'elles soient, les recherches de l'auteur sont intéressantes et nouvelles. Elles répondent donc d'une certaine façon à la question de concours posée par l'Académie. J'estime qu'il y a lieu de les récompenser, en accordant à l'auteur la moitié du prix, si, comme je le crois, le règlement des concours ne s'y oppose pas. »

M. Willem, deuxième commissaire, partage entièrement l'opinion de son collègue M. Léon Fredericq.

M. Masius, troisième commissaire, se rallie à l'avis de ses deux collègues.

En conséquence, la Classe accorde la moitié du prix (*cinq cents francs*) à l'auteur, M. Maurice Arthus, professeur à l'Université de Lausanne.

PRIX ÉDOUARD MAILLY

pour favoriser les progrès de l'astronomie en Belgique.

(V^e^ période : 1908-1911.)

Rapport de M. C. le Paige, premier commissaire.

« Deux concurrents présentent à l'appréciation de l'Académie leurs travaux pour l'obtention du Prix Mailly.

De ces concurrents, le premier est une collectivité : la Société d'astronomie d'Anvers. La Classe a déjà jugé, en accordant le Prix Mailly à la Société belge d'astronomie, représentée par son président, à la revue *Ciel et Terre*, représentée par son Comité directeur, que l'on pouvait entendre dans un sens étendu les termes de la fondation de notre regretté confrère.

La Société d'astronomie d'Anvers envoie une série de publications qui répondent aux conditions imposées par le fondateur, soit de contribuer à répandre le goût de l'astronomie soit de faire progresser la science par des travaux originaux.

Depuis l'époque de sa fondation, en 1905, la Société a publié une série de rapports annuels qui rendent compte de son activité.

Outre la création de cours élémentaires d'astronomie, elle a, avec le concours de quelques-uns de ses membres, constitué un petit observatoire où il est possible de s'initier à l'observation, soit par l'emploi d'équatoriaux, soit par la pratique de la lunette méridienne.

Elle a, de plus, tenu ses membres au courant des découvertes faites dans tous les domaines de l'astronomie par la publication de la *Gazette astronomique*. Cette revue donne une analyse sommaire des travaux publiés; elle accueille également des études sur des questions qui parfois passionnent l'opinion, comme celle de l'existence des canaux de Mars. Elle ne laisse pas non plus de côté des théories d'un ordre plus général, comme la célèbre hypothèse de Laplace qui, regardée pendant plus d'un siècle comme absolument certaine, est actuellement battue en brèche par de nombreux savants. Je signalerai encore plusieurs mémoires intéressants sur les essais météoriques, sur les hypothèses de M. Nijland relatives aux étoiles variables, etc.

Enfin, la même revue publie des recherches personnelles sur l'étoile variable 16, 1908 Vulpeculae, sur les comètes 1910*a*, 1911*c*, sur l'éclipse de Lune du 19 novembre 1910, etc.

Il y a donc dans les publications de la Société un ensemble qui mérite d'être apprécié favorablement; il y a aussi dans son activité un exemple qui mérite d'être encouragé.

Le second concurrent est notre savant confrère M. Stroobant.

Ses travaux répondent également au double désir exprimé par Mailly : diffusion des connaissances astronomiques, perfectionnement de la science.

Dans le premier ordre d'idées, je crois devoir surtout appeler l'attention sur les études que M. Stroobant publie dans l'*Annuaire de l'Observatoire de Belgique*.

Il y résume d'une façon claire et méthodique les progrès réalisés chaque année dans les diverses branches de l'astronomie; il ne se borne même pas à cela, mais, quand la chose paraît utile, il rattache aux découvertes récentes l'exposé des théories générales auxquelles elles se rapportent, de telle sorte que le lecteur, même peu préparé, peut se rendre compte du travail accompli.

Les travaux personnels de M. Stroobant sont également intéressants : ils se rattachent principalement à quelques questions fondamentales, comme celle de la répartition des étoiles, au déplacement du système planétaire, aux mouvements propres d'étoiles de types déterminés; il cherche l'explication des différences systématiques entre les nombres d'étoiles fournis par l'observation visuelle ou par la méthode photographique. Je mentionnerai en particulier le mémoire sur la *Distribution des étoiles par rapport à la Voie lactée,* où l'auteur a su mettre en œuvre d'une manière très ingénieuse le nombreux matériel fourni par des observations qui s'étendent à plus d'un siècle.

Dans un autre domaine, le passage de Mercure sur le Soleil, le 13-14 novembre 1907, a fourni à M. Stroobant le sujet d'un travail intéressant, publié dans les *Annales de l'Observatoire* et complété dans les *Astronomische Nachrichten,* sur le diamètre et la position de Mercure.

J'aurais pu, au lieu de me borner à mentionner les parties les plus importantes de l'œuvre de M. Stroobant, en faire une analyse sommaire; mais cette analyse, même très condensée, eût nécessité la reproduction de nombreux résultats numériques et dépassé les limites d'un rapport.

De l'examen auquel je me suis livré des travaux soumis à la Classe, il me semble résulter cette conclusion que s'il est équitable de reconnaître l'intérêt que présentent les publications de la Société d'astronomie d'Anvers et d'encourager les efforts de cette Société, il est juste de décerner le Prix Mailly à M. Stroobant pour l'ensemble des travaux qu'il a publiés pendant la dernière période. »

Rapport de M. Lecointe, deuxième commissaire.

« Les titres invoqués respectivement par la Société d'astronomie d'Anvers et par M. P. Stroobant, pour l'obtention du Prix Édouard Mailly, répondent aux conditions du concours et méritent incontestablement de fixer l'attention de l'Académie.

Au point de vue de la diffusion des sciences astronomiques dans notre métropole commerciale, la Société d'astronomie d'Anvers a réalisé, avec persévérance et méthode, un effort considérable qui porte ses fruits : les conférences de vulgarisation qui se donnent sous ses auspices sont très suivies, les cours de cosmographie et d'astronomie qu'elle a créés (dans les deux langues) comptent de nombreux auditeurs, et plusieurs de ses membres utilisent d'une façon intéressante les instruments du petit observatoire qu'elle a installé au quai Saint-Laurent.

Grâce à de pressantes instances, la Société d'astronomie d'Anvers a obtenu de faire figurer aux plans de l'école communale de garçons à édifier rue de la Constitution, divers aménagements assez étendus, exclusivement destinés aux observations astronomiques et dont l'usage lui sera réservé.

On peut rappeler aussi, mais à titre tout à fait subsidiaire, puisque le concours vise uniquement l'astronomie, que la Société assure à ses frais le fonctionnement régulier d'une colonne météorologique installée place de Meir, et que plusieurs de ses membres recueillent des données éventuellement utilisables pour l'étude de la climatologie belge.

La Société d'astronomie d'Anvers a organisé des séances d'observation d'étoiles filantes auxquelles participèrent des observateurs capables, établis à Anvers, à Uccle, à Boitsfort et à Mons, et elle a particulièrement favorisé ce genre de recherches en provoquant la constitution d'un *Bureau central météorique international*, ayant pour objet l'observation des phénomènes météoriques et l'exécution des calculs auxquels ceux-ci peuvent donner lieu, ainsi que la publication des résultats obtenus.

La Société d'astronomie d'Anvers édite chaque année un *Rapport* rendant compte de son activité et, mensuellement ou au moins tous les deux mois, une revue portant le titre de *Gazette astronomique*. Cette revue publie des éphémérides astronomiques, une analyse succincte des travaux d'astronomie les plus récents ainsi que des résumés relatifs aux dernières observations publiées par les principaux observatoires; elle donne aussi des notes originales ainsi que les résultats d'observations de météores, de variables, d'éclipses, etc., effectuées par les membres de la Société.

En résumé, la Société d'astronomie d'Anvers réalise, à peu près sans subvention des pouvoirs publics, un effort appréciable et rend à la science astronomique des services dignes de sérieux encouragements.

Notre savant confrère M. P. Stroobant présente au concours deux catégories de travaux : les uns ont en vue la *vulgarisation* de l'astronomie, les autres constituent des *recherches astronomiques.*

Parmi les premiers, il faut tout d'abord citer *Les progrès récents de l'astronomie*, monographies publiées dans les *Annuaires astronomiques de l'Observatoire royal de Belgique* de 1909, 1910 et 1911 et se rapportant chacune à l'année précédente.

Ces monographies constituent non seulement un excellent résumé des principales connaissances les plus récentes de l'astronomie, mais encore exposent des vues générales sur cette science lorsque des explications complémentaires paraissent avantageuses pour la rapide compréhension du sujet; elles renferment aussi plusieurs tables utiles, et les sources auxquelles l'auteur se réfère y sont clairement indiquées.

Les matières traitées dans les divers volumes des *Progrès récents de l'astronomie* sont relatives à l'activité, à la physique et à la parallaxe solaires, aux planètes et aux astéroïdes, aux comètes nouvelles, aux catalogues d'étoiles et aux cartes stellaires, aux étoiles variables, doubles, doubles spectroscopiques, aux vitesses radiales, à la couleur des étoiles, à leur distance, à leur distribution et à leur mouvement, à l'absorption et la dispersion de la lumière dans l'espace, aux amas stellaires et aux nébuleuses; enfin, quelques paragraphes se rapportent à la réfraction astronomique, aux coordonnées géographiques et à la variation des latitudes.

Viennent ensuite : 1° trois articles publiés dans *Ciel et Terre* sur la rotation du Soleil, sur la disparition des anneaux de Saturne à certaines époques et sur le diamètre de Mercure; 2° une description, dans le *Bulletin de la Société astronomique de France*, du compartiment de l'Exposition de Bruxelles en 1910, compartiment dans lequel notre confrère avait réuni de remarquables et instructives planches, photographies et diapositives provenant des Observatoires d'Uccle, de Paris, de Heidelberg, de Chicago, du Mont Wilson, de Greenwich, de Juvisy, etc.

Les publications dont il va être question ci-après constituent des travaux de recherches et rentrent donc parmi ceux de la deuxième catégorie dont nous avons parlé plus haut.

A. — SUR LA CAUSE DE LA DIFFÉRENCE SYSTÉMATIQUE ENTRE LES NOMBRES D'ÉTOILES FOURNIS PAR L'OBSERVATION VISUELLE ET PAR LA PHOTOGRAPHIE DANS LES DIVERSES PARTIES DU CIEL. (*Bulletin astronomique*, 1908.)

Plusieurs astronomes ayant déduit de la comparaison des clichés photographiques et des cartes basées sur l'observation visuelle que les premiers sont relativement plus riches en étoiles dans la Voie lactée qu'à une certaine distance de celle-ci, M. Kapteyn a émis l'hypothèse que « la lumière des étoiles dans la Voie lactée ou dans son voisinage est plus riche en rayons actiniques que la lumière des étoiles du même type spectral, situées dans des latitudes galactiques considérables ».

M. Scheiner estimant, au contraire, que la variation du rapport entre le nombre d'étoiles des clichés et celui de la *Bonner Durchmusterung* ne dépend que de la densité stellaire et provient de ce que, dans ce catalogue, les étoiles ont été estimées trop faibles dans la Voie lactée, M. Stroobant a tranché la question dans le sens préconisé par M. Scheiner, en comparant des clichés du catalogue photographique et les cartes correspondantes de l'Atlas de Bonn, relatives à des régions riches en étoiles, mais situées à une grande distance de la Voie lactée et à des régions pauvres en étoiles.

B. — La distribution des étoiles par rapport a la Voie lactée d'après la carte et le catalogue photographiques du ciel. (*Annales astronomiques de l'Observatoire royal de Belgique*, 1908.) — L'étude de la distribution des étoiles jusqu'à la 9^e^ grandeur a montré que leur nombre, par degré carré, va en augmentant quand on se rapproche de la Voie lactée, mais cette loi n'étant connue pour les étoiles faibles que par les travaux des deux Herschel et de M. Celoria, M. Stroobant a utilisé pour des recherches analogues des feuilles de la carte photographique du ciel (au nombre de 879) et des clichés du catalogue photographique (au nombre de 535) ; les premières vont jusqu'à la grandeur 13,5, les secondes comprennent des étoiles jusqu'à la grandeur 11,5.

M. Stroobant en a déduit la variation de la densité stellaire avec la latitude galactique pour ces deux limites d'éclat. L'auteur a étudié aussi la structure de la Voie lactée dans les deux régions opposées de la *Licorne* et de l'*Aigle*. Dans celle-ci, la Voie lactée est séparée en deux branches et, ainsi que le montre la comparaison de la densité stellaire à la lumière galactique, la branche orientale doit résulter d'une agglomération d'étoiles plus faibles que la 14^e^ grandeur, tandis que la branche occidentale résulterait de nuées d'étoiles plus rapprochées.

C. — Sur l'action de l'anneau de Saturne. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1908.) — Dans cette note, M. Stroobant calcule la valeur de la fonction perturbatrice en suivant la même voie que Tisserand (*Annales de l'Observatoire de Toulouse*, t. I, p. A. 55), et le résultat obtenu constitue une généralisation de l'expression donnée par cet auteur.

D et *E*. — Correction de la position et diamètre de Mercure déduits des observations de contact effectuées lors du passage

DU 13-14 NOVEMBRE 1907. (*Annales astronomiques de l'Observatoire royal de Belgique*, 1908, et note complémentaire sur ce sujet in *Astron. Nachrichten*, 1909.) — M. Stroobant a déduit des observations effectuées, lors du passage de Mercure sur le Soleil en 1907, dans 37 stations et en utilisant 11 déterminations du premier contact, 29 du deuxième, 79 du troisième et 64 du quatrième, une valeur de 6″,16 pour le diamètre de Mercure à l'unité de distance, valeur sensiblement plus faible que celle qui est donnée par l'*Annuaire du Bureau des longitudes* : 6″,61. Les corrections dans la position relative de la planète par rapport au Soleil sont petites.

F. — NOTE SUR LE NOMBRE PROBABLE D'ÉTOILES DU TYPE D'ALGOL. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des sciences], 1909.) — On sait que les éclipses des étoiles du type d'Algol ont lieu parce que le plan de l'orbite relative du compagnon passe à peu près par la ligne de visée. Ce plan pouvant occuper une position quelconque, le nombre de couples de cette espèce doit être sensiblement plus grand que celui que fournit l'observation directe. M. Stroobant a déterminé la valeur probable du rapport de ces deux nombres et trouve « qu'il y aurait un couple du type d'Algol pour 100 étoiles environ ». Ceci vient confirmer l'opinion que les systèmes binaires seraient beaucoup plus nombreux qu'on le croyait autrefois.

G. — NOTE SUR LA COMÈTE 1910*a*. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des sciences], 1910.) — M. Stroobant relate quelques observations de l'aspect de cette comète, qu'il a effectuées à l'Observatoire d'Uccle, du 21 au 31 janvier 1911, et termine sa note par une évaluation de la longueur de la queue de cet astre.

H. — SUR LE MOUVEMENT DE CERTAINES ÉTOILES DANS L'ESPACE. (*Bulletin astronomique*, 1910.) — Se basant sur le fait que des groupes d'étoiles se déplacent d'un mouvement commun dans l'espace, M. Stroobant s'est demandé si notre Soleil n'appartient pas à un groupe de ce genre et, partant de cette remarque que les étoiles qui ont une parallaxe sensible mais dont le mouvement propre et la vitesse radiale relative sont très petits, doivent avoir un déplacement égal et parallèle à celui du Soleil, il trouve sept étoiles assez brillantes qui réunissent approximativement ces conditions. Il existe d'autres étoiles, mais dont la parallaxe n'est pas connue, qui pourraient appartenir aussi à ce groupe.

I et *J*. — NOUVELLE DÉTERMINATION DE LA VITESSE DU SYSTÈME SOLAIRE DANS L'ESPACE (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des sciences] 1910) et NOTE SUR LE MOUVEMENT DES ÉTOILES DU TYPE D'ORION (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des sciences], 1911). — Depuis la publication, en 1901, du mémoire de W. W. Campbell sur le *Mouvement du système solaire*, les vitesses radiales de nombreuses étoiles ont été mesurées avec précision, et M. Stroobant a pensé, en 1910, qu'il serait opportun d'effectuer une nouvelle détermination de la vitesse du Soleil dans l'espace en se basant sur ces dernières données : il a trouvé pour cet élément $19^{k}4$ par seconde. La plupart des étoiles utilisées sont du type solaire II*a* de Vogel. En terminant, M. Stroobant fait remarquer dans ce travail, communiqué à la Classe des sciences en janvier 1910, que les étoiles du type d'Orion, I*b* de Vogel, qui se trouvent dans la région de l'Apex, donnent une vitesse de $15^{k}9$ seulement, tandis que celles qui se trouvent dans la région opposée donnent une vitesse beaucoup plus grande, $26^{k}9$, et l'ensemble une moyenne de $22^{k}5$. De plus, il fait observer que les vitesses individuelles des étoiles de ce type sont moins discordantes que les autres, ce qui semble, dit-il, confirmer ce fait qu'elles constituent un système dans l'univers stellaire. Quant aux étoiles du type I*a*, elles donnent une moyenne qui n'atteint que $16^{k}2$.

Ces vues, dont la priorité appartient à M. Stroobant, ont été confirmées par des recherches ultérieures de MM. Frost [(1) et (2)], Kapteyn (1) et Campbell (3) et ont été suivies de plusieurs recherches importantes de ces astronomes sur la vitesse dans l'espace, des étoiles de différents types (3).

M. Stroobant est revenu sur cet intéressant sujet dans une seconde communication faite à la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, en janvier 1911.

K. — NOTE SUR L'HYPOTHÈSE DE M. K. BIRKELAND, RELATIVE A LA NATURE DES ANNEAUX DE SATURNE. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des sciences], 1911.) — M. Stroobant critique, dans cette note, l'explication donnée par M. K. Birkeland et d'après laquelle les anneaux seraient produits par une radiation électrique de la planète. Il répond aussi aux objections formulées par M. Birkeland à l'hypothèse de Maxwell.

L'exposé qui précède me conduit à formuler une conclusion analogue à celle du savant premier commissaire, M. le Paige : les travaux de la Société d'astronomie d'Anvers sont intéressants et très méritoires, mais ceux qui sont présentés par M. Stroobant revêtent une importance sensiblement plus considérable que les précédents et, par suite, m'amènent à formuler la proposition de décerner le Prix Mailly à leur auteur. »

Rapport de M Ch. Lagrange, troisième commissaire.

« Je suis incontestablement d'accord avec les rapports précédents pour reconnaître la valeur, supérieure au point de vue de la production scientifique proprement dite, des travaux du second concurrent. Mais c'est pour moi un devoir d'équité de remarquer que le premier concurrent, par des titres définis, — que reconnaissent d'ailleurs explicitement les rapports précédents eux-mêmes, — était particulièrement qualifié en ce qui concerne une des deux clauses fondamentales de la Fondation, savoir : « Répandre le goût et la connaissance de l'Astronomie dans le pays. » Dans ces conditions, et en bonne moyenne, on peut donc regretter que la rédaction du règlement — plus, semble-t-il, que l'esprit de la Fondation — s'oppose à ce que, par le partage du prix, en même temps que se consacre la haute valeur des travaux de M. Stroobant, un témoignage d'encouragement ne puisse être donné à la très méritante Société d'astronomie d'Anvers. »

---

(1) On the velocity of the Sun's motion trough space as derived from the radial velocity of *Orion* stars. (*The Astrophysical Journal*, July 1910.)

(2) Preliminary Note on the Sun's Velocity with respect to the stars of spectral type A. (*Memorie della Societa degli spectroscopi Italiani*, vol I, serie 2a, Febbraio 1912)

(3) Preliminary radial velocities of 212 brighter class of stars. (*Lick Observatory Bulletin*, Number 211.)

La Classe adhère à ces rapports et décerne le prix à M. Paul Stroobant.

PRIX AUGUSTE SACRÉ

Rapport de M. Ch. Lagrange, premier commissaire.

« Un seul candidat se présente, M. J. Boulvin, ingénieur des Ponts et Chaussées, professeur à l'École du génie civil à Gand. Les travaux soumis à l'appréciation des commissaires comprennent : cinq mémoires séparés et six volumes in-8° formant les fascicules 1, 2, 3, 4, 5 (2^e édit.) et 7 (3^e édit.) de l'ouvrage *Cours de mécanique appliquée aux machines*.

Pour rester dans la lettre du règlement, il convient de distinguer entre ces onze documents. Deux, qui sont les fascicules 5 et 7, et sur lesquels nous revenons plus loin, appartiennent à la période qu'envisage le prix. Nous rappellerons donc seulement que, des cinq mémoires, les quatre premiers, qui se rapportent à une des parties les plus importantes de l'œuvre de M. Boulvin, l'application de la thermodynamique (le diagramme entropique), et de même le cours de mécanique en général, ont été déjà hautement appréciés dans le rapport du jury du Concours décennal (1902) ; et, en ce qui concerne les deux derniers mémoires, qu'il y a lieu de signaler, au point de vue de l'apport de nouvelles données (1907), les expériences sur la compression de la vapeur dans l'espace nuisible (avec la comparaison de celles de M. Klemperer, École polytechnique de Dresde).

Ceci dit, venons aux deux fascicules ou plutôt volumes) du *Cours de mécanique*, réédités en 1909-1910 et 1911, en tant qu'ils offrent à l'examen des objets originaux.

Le fascicule 5 est consacré à l'étude organique des machines à vapeur (l'étude calorifique fait l'objet du 3^e fascicule) : machines à piston (ou pression sur une paroi extensible), machines à réaction (turbines). Dans le développement de ce sujet étendu, il suffit de mentionner, pour justifier d'une matière nouvelle : pages 138-145, les expériences sur le degré de détente le plus avantageux ; pages 382-387, celles sur le condenseur à injection, en faisant varier le volume d'eau injecté ; pour les turbines, dont la théorie est encore un sujet tout actuel de recherche, l'application de la méthode générale de calcul à trois turbines de systèmes différents (application où intervient de nouveau l'emploi du diagramme entropique) (pp. 520-549) ; etc.

Le fascicule 7 a pour objet les machines à déplacer les fluides ; les applications caractéristiques sont l'élévation de l'eau (pompes) et les déplacements de l'air (ventilateurs). Cette partie présente comme intérêt particulier les solutions théoriques de plusieurs problèmes importants et jusqu'ici peu ou point approfondis de la mécanique pratique des fluides. Nous citerons entre autres : pages 19-58, la théorie de questions concernant les coups de bélier ; pages 163, 178 et suivantes, le calcul des *courbes caractéristiques* (débit, rendement, fonctions de vitesse, etc.) (pompes) ; pages 249-257, la théorie concernant l'entraînement pneumatique des liquides; pages 299-334, la théorie des ventilateurs à réaction, des ventilateurs hélicoïdes, etc.

Il résulte de ce qui précède que, même en se tenant au point de vue littéral du règlement, les travaux présentés satisfont aux conditions du concours. Mais on s'en voudrait de ne pas faire observer qu'ils forment terme intégrant dans l'ensemble organique qui constitue l'œuvre entière de l'auteur, ensemble auquel ils sont ainsi indissolublement liés, et tellement que cette œuvre entière leur attribue, par cette connexion intime, la valeur de son propre poids.

Aussi, et à tous égards, j'ai l'honneur de proposer à la Classe de décerner le Prix de mécanique à M. J. Boulvin. »

Rapport de M. G. Lecointe, second commissaire.

« M. J. Boulvin, qui présente au concours la deuxième édition du 5^e fascicule et la troisième édition du 7^e fascicule de son *Cours de mécanique appliquée aux machines*, est de nationalité belge et satisfait ainsi à la première des conditions requises pour l'obtention du prix Auguste Sacré.

Les deux nouvelles éditions de ces fascicules apportent à leurs devancières plusieurs additions et remaniements importants qui dénotent chez l'auteur le souci de maintenir ses travaux constamment à la hauteur des progrès modernes, si nombreux et parfois si rapides dans l'art de construire des machines.

Le savant premier commissaire, M. Charles Lagrange, a mis principalement en relief dans son rapport plusieurs recherches de M. Boulvin, qui sont consignées pour la première fois. On peut insister encore, en ce qui concerne le 5^e fascicule, sur l'étude de l'influence du rayonnement des cylindres au point de vue du degré d'économie des machines et (pp. 425-431) sur les discussions relatives aux lois et coefficients de transmission dans les condenseurs par surface. Au sujet du 7^e fascicule, l'attention doit se porter d'une façon spéciale aussi : 1° (pp. 220-231) sur une solution nouvelle du problème de l'épuisement d'un bassin à profondeur variable et 2° (pp. 241-257) sur la théorie de l'élévateur à air comprimé de Pohlé, théorie dont l'auteur possède la priorité.

Les deux fascicules présentés par M. Boulvin renferment donc des théories nouvelles et de réelle valeur sur la mécanique ; ils méritent ainsi, à eux seuls, que le prix Auguste Sacré soit décerné à leur auteur. Et leur valeur intrinsèque s'accroît encore par le fait qu'ils appartiennent à un ouvrage complet de grande envergure. Le *Cours de mécanique appliquée aux machines*, de M. Boulvin, constitue en effet une œuvre d'une portée scientifique incontestable ; il est rédigé avec une précision et une clarté qui en rendent la compréhension toujours aisée. Son utilité et son importance technique ont été hautement appréciées à l'étranger, notamment par MM. Haton de la Goupillière, E. Bertin, Maurice Levy et H. Léauté, tous quatre membres de l'Institut de France, comme aussi par de distingués professeurs et directeurs d'instituts techniques de Paris, de Nancy, de Delft, de Leeds, de Glascow, de Londres, de Munich, de Zurich, de Vienne, de Milan et de Saint-Pétersbourg.

L'Académie des sciences de Paris a décerné à son auteur le Prix Plumey, et le jury chargé, en 1902, d'attribuer le Prix décennal de mathématiques appliquées a émis à son sujet des appréciations particulièrement élogieuses.

J'appuie donc la proposition de M. Charles Lagrange de conférer le Prix Auguste Sacré à M. J. Boulvin. »

— Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

PROBABILITÉS. — **Sur l'usage de la notion de probabilité dans l'appréciation du caractère systématique d'un document. Application à la mathématique biblique,**

par CH. LAGRANGE, membre de l'Académie.

1. — A la suite de la communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie au sujet de mon livre récent : *Leçons sur la parole de Dieu* (¹), il me paraît utile de présenter, au point de vue de la probabilité mathématique, quelques réflexions sur la force démonstrative de mes arguments.

2. — La Bible est un document. On se propose de chercher si ce document, pris tel quel, présente des caractères systématiques; et, s'il en est ainsi, d'apprécier, d'après ces caractères pris pour « événement arrivé », la probabilité des « causes » qui ont pu les produire. Dans l'espèce, ces causes se résument : soit dans le concours de volontés conscientes d'ordre purement humain, soit dans l'existence d'une volonté supérieure et indépendante qui dirige consciemment ces volontés humaines elles-mêmes, — et ceci transporterait dans l'ordre surnaturel.

L'intérêt d'une recherche ordonnée et définie en un pareil sujet se légitimerait par le seul fait que dans toutes les rencontres où, à travers les siècles, la Bible a attiré la pensée réfléchie des hommes, cela a toujours été, comme font les objets scientifiques, par un aspect systématique de sa matière.

(¹) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1912, n° 7.

3. — Le plus profond de ces aspects systématiques est sans nul doute, antérieur à tous les autres, celui de la doctrine biblique considérée en elle-même. L'homme est, dans ce cas, pris pour sujet d'observation, — avec sa grandeur, sa misère, le mal, le besoin d'expiation. Une seule « hypothèse » (comme on dirait aujourd'hui), celle que définit le plan spirituel de la Bible, explique cet état de l'homme, et, par son accord avec l'objet observé, se démontre ; une lumière apparaît entre le mystère insondable qui enveloppe notre origine et celui qui attend notre fin. Cette hypothèse expliquante, ou le plan de la Bible, c'est le fait d'une révolte primitive, rendue possible par la liberté morale ; c'est la Chute, le Péché, et enfin la Rédemption, dans laquelle, la régénération de l'homme par l'homme lui-même étant mathématiquement impossible, l'Être éternel satisfait sa justice par son propre sacrifice.

La considération de cet accord systématique entre l'état moral de l'homme intérieur et l'ordre spirituel affirmé par l'Écriture est ce qui fait, par exemple, l'originalité, la profondeur, aussi la *valeur scientifique,* de la conception du Christianisme de Pascal, des admirables *Remarques* de Thomas Erskine *sur les preuves intrinsèques de la vérité du christianisme.* Mais cet ordre mathématique moral, à raison de la faculté d'observation supérieure qu'il requiert, n'est pas aisément accessible en tous temps et en tous milieux ; et c'est sans doute ce qui faisait déjà dire à Pascal, par un propos digne d'un géomètre et qui résumait sur le succès vulgaire d'une semblable étude de l'homme sa propre expérience : « Il y en a encore moins qui l'étudient que la Géométrie. »

4. — A cet aspect purement moral et spirituel, mais, tout aussi bien, essentiellement systématique, succède dans notre vue, sur un terrain plus concret et de fait externe, le système historique de la Bible. Ici l'histoire dite profane est prise pour sujet d'observation. Des traits de concordance entre le document et l'objet observé sont évidents ; tel le caractère

très récent de l'histoire positive, précédée d'un cataclysme tellurique, le Déluge universel, dont le souvenir est vivant dans la tradition commune des hommes; telle la succession observée de puissances politiques que la Bible repérait avec précision; et enfin, formant l'axe directeur de son système, l'existence d'un peuple choisi pour être son dépositaire, et dont la vitalité persistante aujourd'hui comme à travers les fluctuations des siècles, est sans doute le fait de vérification le plus extraordinaire et le plus frappant de la superposition systématique que nous analysons. Il en serait de même, si l'on y regardait, d'autres faits tout actuels; ainsi doit s'envisager la poussée offensive du bloc civilisateur contre le facteur de réaction de l'Islam, ce rameau rejeté du même peuple élu. D'autre part, ce peuple est aussi la souche, même le fondateur, de l'Église chrétienne; on peut donc dire qu'il résume en lui virtuellement toute l'Histoire, et que celle-ci ne peut avoir aucun sens défini pour ceux qui ignoreraient les enseignements de notre document séculaire.

La vue systématique de l'histoire générale que définit ainsi la Bible, se confirme par la considération d'autres données systématiques, celles de la géographie du globe. Déjà d'accord avec l'observation pour montrer dans le christianisme le facteur nécessaire et fondamental du progrès civilisateur, la Bible en effet place aussi le foyer d'où ce progrès a rayonné, d'où, en fait, il rayonne aujourd'hui sur toute la Terre, au centre du système géographique du relief de celle-ci (loi quadrangulaire du relief). Bien d'autres traits de concordance et de vérification générale se présentent. Tel serait, en passant de l'espace au temps, et considérant la durée assignée par la Bible au développement de l'humanité sur le globe, le fait qu'au taux moyen d'accroissement de la population établi de nos jours, la population actuelle est précisément celle qui répond au temps écoulé depuis le Déluge.

5. — Après l'aspect historique et géographique proprement dit, un troisième, enfin, prend place, particulièrement intéressant en ce que, par sa nature même, il décide de l'ordre supérieur des causes qui interviennent dans la formation du document biblique. Il s'agit du système prophétique de l'Écriture.

Cette Écriture, non seulement annonce à travers toute son étendue, dès même ses premières pages, quatre mille ans avant l'événement, son fait central, la venue du Rédempteur, elle prédit, pour après cet événement, avec les circonstances extraordinaires qui l'ont caractérisée, l'existence dispersée du peuple au sein duquel il s'est produit, mais elle situe cet événement fondamental, par des indications chronologiques précises, dans la suite ininterrompue des autres faits historiques ; et le cadre systématique dans lequel elle enserre tout l'ensemble de ceux-ci est la série des peuples chefs, ou puissances conductrices du monde, dont des siècles à l'avance, conformément à ce qui est effectivement arrivé, on lui voyait définir la succession.

6. — Tels sont les trois points de vue — éthique, historique et géographique, prophétique — sous lesquels la matière biblique a été jusqu'ici considérée, et par lesquels, au cours des siècles, elle a établi son autorité aux yeux de l'humanité pensante. Ils justifient notre affirmation que toujours, et dans tous les sens, une pensée systématique d'ordre, c'est-à-dire en fait une pensée mathématique, a défini le sens et présidé à la connaissance raisonnée de l'Écriture.

L'aspect sous lequel nous nous sommes proposé de l'envisager va être beaucoup plus concret et plus précis encore.

Voici ce qui va se présenter.

Les vues générales qu'on vient de rappeler, par le fait même qu'elles résument la matière de la Bible, continueront nécessairement à former le fond du tableau. Seulement nous allons nous attacher, non plus simplement à l'ordre systématique de tel de ces aspects, mais aux valeurs des éléments numériques mêmes qui y interviennent et qui le constituent Ainsi, par exemple, s'il s'agit des deux Alliances dogmatiques, dont le Christ est à la fois le centre et la raison d'être, nous aurons à analyser les deux

Testaments, en tant que documents, par leurs caractères de construction externe (les groupes des livres qui les composent, leur nombre, etc.). S'il s'agit de l'Histoire, ce n'est pas la seule suite des événements qui, pour nous, la définira, mais essentiellement et avant tout, comme étant son réseau mathématique obligé, la Chronologie. (Et sur ce point, nous osons imposer ici un devoir à la critique : celui de prendre en attentive considération la manière dont nous déterminons cet élément fondamental. Dans notre ouvrage, en effet, la chronologie de la Bible, qu'on prétend généralement ne pas exister parce que les commentateurs l'ont de diverses manières déformée en voulant la faire concorder avec celles d'autres sources, est *pour la première fois* établie d'une manière littérale; et c'est cette *Chronologie littérale* qui se trouve présenter, après qu'elle a été ainsi computée en dehors de tout préjugé, les caractères systématiques dont notre recherche découvre ensuite l'enchaînement. Or, de telles conditions d'indépendance des faits constituent évidemment à postériori un des arguments les plus décisifs et démonstratifs de la solidité scientifique de nos résultats.)

Sous son aspect prophétique, enfin, nous ne nous bornons pas, comme on l'a déjà fait, à constater l'existence dans la Bible de prévisions relatives à la succession des peuples; nous y cherchons la valeur du terme périodique qu'elle-même assigne à leur phase de succession ; et nous examinons l'accord qui existe entre cette donnée fondamentale de l'Écriture et ce qu'enseignent sur le même objet, tirées de la vue immédiate de l'Histoire générale, les déterminations précises établies par d'autres chercheurs en dehors de tout recours à la Bible elle-même.

7. — La nature de notre étude étant bien définie, venons maintenant à notre question de probabilité. Nous allons, en nous laissant guider par l'induction scientifique, prévoir, et ensuite découvrir en effet, des concordances numériques. Une concordance de l'espèce étant constatée, comment doit inter-

venir dans l'appréciation qu'il en faut porter la notion de la probabilité mathématique?

Celle-ci peut s'appliquer dans deux points de vue fort différents et qui se rapportent à la substance même de la théorie des probabilités, savoir :

1° La concordance dont il s'agit étant arrivée, on peut être tenté de se demander (en se défiant ici d'un effet du hasard) quelle était la probabilité d'arrivée de cette concordance dans l'hypothèse du hasard (et d'accorder d'autant plus d'importance à la concordance que sa probabilité par le hasard était plus faible, ou inversement).

2° La concordance s'étant manifestée, on peut se demander directement quelle probabilité il y a que son arrivée *n'est pas l'effet du hasard.*

Or, la première de ces probabilités ne mesure nullement la seconde, et il est évident, par les termes mêmes qui définissent cette dernière, que c'est elle qui intéresse notre sens commun et qui, pour lui, traduit la question.

Ce que nous voulons, en effet, c'est connaître la mesure dans laquelle nous pouvons affirmer que ce qui est arrivé *n'est pas arrivé par hasard,* et nous nous tromperions fortement si nous voulions en juger d'après la chance que le hasard aurait donnée à cet événement arrivé.

Ainsi par exemple, soit une urne dans laquelle il y a 100 noires et 1 blanche. Le hasard favorise le tirage d'une noire; mais, si on a tiré la blanche, ou si on a tiré une noire, *quand l'un ou l'autre de ces événements est arrivé,* la probabilité qu'*une cause a favorisé* celui qui s'est produit (ou qu'il *n'est pas dû au hasard*) est la même dans les deux cas (cette probabilité est égale à $^3/_4$), en dépit de la différence très grande ($^1/_{101}$ et $^{100}/_{101}$) de leurs probabilités par le hasard.

Un autre exemple, tiré de l'Astronomie, fera, croyons-nous, très bien saisir également l'application du principe de probabilité à l'appréciation des concordances dans un ensemble systématique.

On comptait à la fin de 1905, 583 petites planètes (calculées) formant moyennement anneau entre Mars et Jupiter, toutes circulant dans le sens direct.

Supposons la 584e découverte et reconnue; on la trouve aussi marchant dans le sens direct. Si, introduisant ici pour estimation la probabilité à priori $P = {}^1/_2$ de la marche dans un sens ou dans le sens opposé, on considérait l'événement comme ne signifiant rien, ou peu de chose, puisqu'il avait à son actif la moitié des chances, on raisonnerait mal, et l'erreur se prouverait d'elle-même par l'impression nette de confirmation que le fait nouveau apporte pour tout le monde à l'ordonnance systématique du système solaire. Cette impression se mesure par la seconde de nos probabilités, qui est une probabilité à postériori. Celle-ci, d'accord avec notre quasi-certitude, enseigne, en effet, le mouvement direct ayant été observé pour la 584e fois, qu'il y a à parier, non pas 1 contre 1, mais $2^{585} - 1$ contre 1, qu'il n'est pas l'effet du hasard.

Il est intéressant d'ajouter que la probabilité à priori, calculée, non plus par le hasard, mais par *induction*, s'accorde avec tout cela; car elle donnerait, avant l'événement, pour le degré de certitude que l'événement se produira, non pas 1 contre 1, mais ici 584 contre 1. (On peut observer d'ailleurs que cette dernière probabilité elle-même est bien moins rapprochée de la certitude que la probabilité $2^{585} - 1$ contre 1 que l'événement arrivé n'est pas dû au hasard; ce qui est de nouveau conforme au sens commun.)

Cet exemple montre aussi que la différence radicale de principe entre les deux manières d'envisager la probabilité consiste en ce que, dans la première, on fait abstraction, pour estimer l'importance de la concordance constatée, de l'*état de connaissance* que l'on possédait déjà, tandis que, dans la seconde, c'est cette connaissance qui, conformément au sens commun, intervient essentiellement dans notre estimation.

8. — Les exemples concrets que nous allons emprunter à notre ouvrage vont mettre d'ailleurs en évidence, à cet égard, le procédé critique. Rappelons, pour bien fixer les idées, deux formules très simples du *Calcul de probabilités*, qui résument la matière de notre examen. L'une exprime la probabilité que, dans l'espèce, n concordances du document biblique ayant été constatées, le fait de concordance ainsi observé n fois, ou le caractère systématique du document révélé par chacune de ces concordances, n'est pas l'effet du hasard. Cette probabilité du caractère systématique est

$$(1) \qquad P = 1 - \frac{1}{2^{n+1}}.$$

L'autre formule exprime la probabilité que, n concordances ayant été constatées, une $(n+1)^e$ prévue arrivera en effet. Cette dernière probabilité est

$$(2) \qquad P = \frac{n+1}{n+2}.$$

La formule (1) est remarquable. Elle montre, par l'exposant $n+1$ du dénominateur 2, que, dans un état d'ignorance complète ($n = 0$), la probabilité du caractère systématique du document est, conformément au sens commun, égale à $^1/_2$. Elle montre également, conformément à l'expérience, qu'à mesure des concordances successives, — dans l'espèce de notre sujet, toutes celles mêmes que nous avons rapportées en commençant cette Note inaugurent et préparent la série, — la certitude, comme on dit, *s'accumule*. C'est ce qu'exprime ici la forme exponentielle, qui fait de l'incertitude subsistante un terme évanouissant. Quant à la formule (2), relative à la puissance de l'*induction*, elle exprime le degré de ce qu'on appelle la *certitude scientifique*, celle qui résulte de l'existence, préalablement établie, de *lois*, au moyen d'un nombre suffisant n de faits observés.

9. — Portant sur le poids de nos résultats, une observation connexe se présente relative à l'*ordre* même de notre exposition. Cet ordre (qui consiste dans la mise en évidence méthodique et progressive des termes de 1^er^, de 2^e^, de 3^e^ ordre, etc.) est, pris en lui-même, et du consentement universel, une des conditions les plus nécessaires de la validité d'une démonstration. Or notre observation consiste à faire remarquer que cette notion de l'*ordre* comme facteur de démonstration est aussi bien contenue dans la formule (1), dont c'est une application : la certitude, en effet, qui naît, dans l'établissement des faits, de la manière rationnelle elle-même dont ils sont cherchés, réside, au fond, en ce que l'ensemble systématique qu'ils sont supposés constituer et que l'on veut définir, se trouve par là en correspondance systématique avec *un autre ensemble* ordonné et systématique, celui des lois de la raison ; or ce dernier, dans son ordre propre, n'établit pas son caractère systématique ou sa certitude autrement que par la concordance constamment observée de tous ses éléments de construction, c'est-à-dire par ce qu'exprime la formule (1).

Ceci dit, parcourons notre exposition didactique des faits.

10. — Le premier élément systématique qui se présentait était la distribution externe du document en parties, soit d'abord sa division en deux Testaments, reliés à leur point d'attache par Jésus-Christ, et correspondant aux deux principes de la *Loi* et de la *Grâce* ; ensuite, leur propre subdivision en livres.

Or, voici deux traits, suffisants pour faire préjuger de plusieurs autres, l'un relatif au nombre total 66 des livres de la Bible, l'autre à la répartition septenaire des Épîtres.

Dans un premier ouvrage, la *Concordance*, publié il y a vingt ans (1893), alors que je n'avais aucune notion de la voie actuelle d'investigation (sans quoi, de même que dans la *Mathématique* [1900], j'en aurais sûrement signalé au moins l'existence), j'avais établi que le système prophétique de la chronologie biblique est fondé sur l'usage du système des trois périodes quinquaséculaires 516, 520 et 528, les deux premières données par Brück, dans sa *Loi de l'histoire* (¹), la troisième trouvée par moi-même (dans la Bible), où elle se présente comme le terme suprême et prophétique par excellence qui couronne le groupe de ces trois durées.

Cela étant, un trait naturel et vraisemblable de concordance systématique pouvait consister en ce que le nombre des livres de l'Écriture soit dans un rapport simple avec la période 528, qui, d'une autre manière, dominait déjà le sujet. Or, cela a lieu (sous une forme d'autant plus remarquable qu'elle fait de nouveau intervenir le nombre 2, celui des grandes subdivisions du document). On a, en effet, pour ce nombre total des livres de la Bible :

$$66 = \frac{528}{2 \times 2 \times 2}$$

Ce nombre se partage d'ailleurs en

$$3 \times 3 \times 3$$

pour le Nouveau Testament, et

$$3 \times 13 = 3 \times P_7 \qquad (P_7 = 7^e \text{ Nombre premier})$$

pour l'Ancien Testament.

Même en laissant de côté, comme concordance propre, la dualité des deux Testaments (les deux parties de la doctrine en correspondance avec la polarité historique effective du monde païen et du monde chrétien), on conclurait déjà des deux

---

(¹) La période 516 est l'élément fondamental et unique dans l'ouvrage de Brück, *L'Humanité*, où il n'est pas question du 520. Cette dernière période n'est ensuite citée qu'en passant dans le *Manifeste* (p. 145). Considérées dans leur précision numérique, les déterminations 516, 520 sont inexplicables, dans l'œuvre de Brück, par une direction purement humaine. Comme je l'ai montré dans la *Mathématique*, en rappelant les variations de l'année tropique, le 516 est, *en apparence*, tout à fait fortuit; et il en est de même pour le 520; il suffit pour s'en assurer de considérer la moyenne des nombres quinquaséculaires du tableau de la page 144 du *Manifeste*.

concordances précédentes — celle des 66 livres et celle de leur partage systématique — que la probabilité d'une cause systématique manifestée par chacune d'elles, ou la probabilité du caractère systématique d'une concordance de leur ordre est, par $n = 2$, égale à

$$P = \frac{7}{8}.$$

Voyons maintenant le trait relatif au nombre des Épîtres. On pourrait citer dans la Bible une centaine d'exemples où le nombre 7 est employé comme indicateur d'une institution sacrée, et, en appliquant à cette répétition de cas la formule (1), on obtiendrait la certitude pratique que cet usage du nombre 7 est systématique et l'intention de son institution réelle. Ceci remarqué, les Épîtres se partagent en deux groupes, qui appartiennent : d'une part, à Paul, l'apôtre des Nations; de l'autre, à Jacques, Pierre, Jean, Jude. Or, le groupe de Paul contient

$$14 = 2 \times 7 \quad \text{Épîtres,}$$

et celui des autres Apôtres

$$7 \quad \text{Épîtres.}$$

En ne tenant compte que de ces deux nouvelles concordances, on aurait, par $n = 4$, pour la probabilité que tous les traits constatés sont systématiques et intentionnels

$$P = \frac{31}{32}.$$

11. — Après avoir envisagé la construction externe de la Bible, passons à l'élément numérique de premier ordre qu'ensuite elle présente, savoir sa chronologie. Comme nous en avons déjà averti plus haut, ce qui donne une valeur scientifique à cette chronologie dans notre ouvrage, c'est qu'elle y est établie, en dehors de toute préoccupation étrangère, par l'addition brute des nombres d'années, pris tels quels dans la suite du document. Or, un grand trait de concordance va nous être offert par la comparaison de cette chronologie littérale avec une autre computation, celle-ci systématique, mise en œuvre aussi par la Bible pour mesurer les temps, savoir, par des périodes ou semaines de sept ans (à la manière dont faisaient les Grecs pour les Olympiades ou espaces de quatre ans). Daniel compte ainsi, par 70 de ces semaines, les temps du — V^e^ siècle à Jésus-Christ; et Moïse, de son côté, institue une suite indéfinie de ces semaines à partir des temps de l'Exode. Or, il se trouve :

1° Que le système des semaines de Daniel (prolongé dans le passé ou vers l'avenir) et le système des semaines de Moïse *coïncident* sur l'échelle chronologique brute de l'Écriture.

2° Bien plus, que ces deux systèmes coïncidents repèrent aussi l'origine de cette échelle, c'est-à-dire prennent leur origine à son ère ou à la naissance d'Adam; c'est-à-dire encore, coïncident avec un système général de semaines d'années qui, commençant à la naissance d'Adam et s'étendant sur toute la chronologie, peut porter le nom de *Semaines d'Adam.*

La question de fait posée, il est essentiel, pour bien apprécier sa puissance convaincante en probabilités, de noter la manière progressive dont sa constatation s'est établie au cours de la recherche, parce que, encore une fois, l'ordre rationnel et naturellement amené qui procède à l'apparition d'une idée est un des éléments les plus démonstratifs de sa vérité. Cela s'impose d'autant plus que le caractère intentionnel de notre ensemble septenaire est lié, dans cette recherche, à une découverte connexe faite par un autre observateur (le Comm^t^ E. Galet) (il s'agit d'une formule arithmétique très remarquable qui embrasse tout le sujet, formule qui se trouve exposée dans notre IX^e^ Leçon), et qu'ici, comme on va en juger, les conditions d'indépendance de l'investigation éliminent encore plus évidemment la suspicion de l'arbitraire ou du hasard. A notre sens, le fait seul que nous allons citer suffirait à démontrer non seulement le caractère mathématique déterminé et intentionnel du système septenaire, mais, par la formule de M. Galet, celui de toute la Bible.

Le système des semaines de Daniel étant repéré sur l'échelle chronologique, un premier fait fondamental a d'abord été reconnu, celui que, prolongé, ce système coïncide avec celui des semaines d'Adam. Ainsi le groupe de 70 semaines enseigné par l'Écriture n'était qu'un tronçon d'un système général qu'elle-même institue pour mesurer toute l'étendue des temps. Partant de ce premier résultat, un second observateur se demande alors si *le nombre* lui-même 602 *des semaines* compté dans le système d'Adam, d'Adam — 4184, à la limite + 30 indiquée par les semaines de Daniel, ou au ministère de Jésus-Christ, ne serait pas de nouveau un multiple de 7; et non seulement il trouve qu'il en est ainsi, ou que l'espace chronologique 4184 + 30 est divisible par 7 × 7, mais que le quotient 86 de cette division par 7 fois 7 est le sous-multiple remarquable

$$\frac{516}{6}$$

de la période historique 516.

Poursuivant dans cette voie et mis en possession du diviseur 86 de l'étendue 4184 + 30 d'Adam à la première venue, M. Galet s'est ensuite demandé si 86 ne serait pas diviseur aussi de l'espace 2180 — 30 de la première à la seconde venue 2180; ce nombre 2180 avait été établi par moi depuis vingt ans, dans la *Concordance* (il est distant de l'exode, — 1516, de 7 périodes de 528 ans). Or non seulement il trouve que cela a lieu, mais que, en opposition et en parallélisme avec son premier résultat, qui donnait pour quotient 7 × 7, le quotient est ici 5 × 5 (5 et 7 étant les deux nombres canoniques de l'humain et du divin, dans lesquels se partage le nombre 12). Ainsi, d'Adam à la première venue, il y a

$$7 \times 7 \times 86 \text{ ans,}$$

et, de la première à la seconde venue,

$$5 \times 5 \times 86,$$

avec

$$86 = \frac{516}{6}.$$

Enfin, tout ceci était établi, quand beaucoup plus tard je me suis à mon tour demandé si le système des années sabbatiques de Moïse, qui, pour une raison ou pour une autre, n'avait pas jusque-là fixé mon attention, ne coïnciderait pas, lui aussi, avec le système des semaines de Daniel et d'Adam.

Ce système de Moïse est repéré avec une entière précision dans le livre de l'Exode par rapport à la date — 1476 de l'entrée dans la Terre promise. Or il s'est trouvé qu'en effet ce troisième système, en apparence indépendant, coïncide exactement avec les deux autres.

Ce dernier fait, si profondément convaincant en lui-même, peut servir à mettre de nouveau en évidence la nature du principe de probabilité qui apprécie la valeur des concordances, c'est-à-dire de celui qui traduit pour nous à leur égard l'impression du sens commun.

Si quelqu'un estimait que la concordance des semaines de Moïse et d'Adam n'a pas tant de poids que cela, puisqu'elle avait à sa disposition 1 chance sur 7, ce qui n'est pas si peu, il ne dirait rien d'autre, sinon que cela pouvait très bien arriver; et là-dessus on est d'accord; mais c'est parler dans le vide, attendu que la question est, avant cela, de savoir si l'hypothèse du hasard, qu'invoque la contradiction, est fondée. Cette contradiction n'a donc de sens qu'en ce qu'elle pose, mais sans pouvoir la résoudre, la question, traduite vulgairement : « Le hasard n'est-il pas ici la cause? » Or, c'est précisément à cette question que répond alors la formule (1); et elle donne à chaque nouvelle épreuve une certitude de plus en plus grande que le résultat concordant de cette épreuve *n'est pas l'effet du hasard.*

Cette réponse du calcul explique pourquoi la coïncidence de Moïse et de Daniel-Adam a tant de poids pour le simple instinct du sens commun.

En comptant à la suite de nos 4 premières concordances antérieures, 3 nouvelles concordances seulement pour les trois espèces de semaines concordantes de Daniel-Adam-Moïse et la formule du commandant Galet, la probabilité qu'une concordance biblique n'est pas due au hasard devient

$$P = \frac{255}{256},$$

soit celle de tirer une blanche hors d'une urne qui contient 1 boule noire et 255 boules blanches.

Parmi les traits de premier ordre de la concordance septenaire, il convient de mentionner aussi celui du recul d'un jour de la semaine de la nouvelle alliance ou *Semaine de Christ* (ayant pour septième jour notre dimanche), sur celle de l'ancienne alliance ou *Semaine d'Adam* (ayant pour septième jour le sabbat ou samedi); ce recul est défini dans l'*Épître aux Hébreux* comme signifiant la substitution au septième *jour* (espace de temps) de la semaine de Création (qui devait être jour de repos), d'un nouveau jour de travail, lequel est la durée des temps de l'Humanité, ou l'Histoire, d'Adam à la seconde venue (le temps dans lequel nous vivons); et cette disposition a pour autre signe externe, dit l'*Épître aux Hébreux,* le recul d'un jour du signe solaire de Josué. Ce dernier signe dès lors, loin d'être dans l'Écriture un hors-d'œuvre accidentel et embarrassant, y deviendrait la consécration d'une ordonnance fondamentale de tout le plan spirituel et historique. Or, cela étant ainsi indiqué, il se trouve qu'en effet dans l'ordre des semaines d'Adam-Moïse-Daniel d'abord établi, le jour de recul de Josué — ceci par la correspondance des jours et des années dans la semaine d'années — est un dimanche; et qu'en outre le premier et unique jubilé (terme d'une période de 50 ans instituée par Moïse) qui se rencontre dans l'Histoire, est, conformément à ce qu'indique le texte de Saint-Mathieu, la première année $+ 31$, du ministère de Jésus-Christ.

Après cela, enfin, il faut encore signaler le fait, confirmatif de la réalité intentionnelle de la nouvelle semaine, ou *Semaine de Christ* sous la nouvelle alliance, que, dans notre calendrier actuel prolongé vers le passé, le 1^er^ janvier de l'an $+ 1$ est un lundi, et que, par conséquent, *nos dimanches sont, dans la suite des jours, les multiples de 7.*

En comptant à travers ces faits seulement trois nouvelles concordances (savoir : l'accord du recul solaire de Josué avec le dimanche, celui de l'année du jubilé, et nos dimanches multiples de 7), la probabilité pour nous, en présence d'une de nos concordances bibliques, que cette concordance n'est pas due au hasard, devient

$$P = \frac{2047}{2048}.$$

12. — Considérons maintenant dans notre chronologie, pour rester toujours dans les traits les plus généraux, et par cela même les plus irrécusables, les périodes historiques quinquaséculaires. Comme cela a déjà été rappelé, nous avions il y a vingt ans, dans la *Concordance*, établi l'existence du groupe canonique de périodes quinquaséculaires prophétiques 516, 520, 528 ; et il se trouve tout d'abord, comme première concordance, que les deux périodes fondamentales du groupe 516 et 528 se lisent d'elles-mêmes immédiatement sur la table chronologique brute de la Bible, celle-ci dressée d'une manière entièrement indépendante de ce groupe.

Cela étant, c'est seulement après la publication de notre second ouvrage, *Mathématique de l'Histoire* (1900), et l'identité du *temps* de Daniel et de la période de Brück ayant été dès le commencement de nos recherches reconnue par la seule lecture du texte de Daniel relatif à la vie des peuples, que nous avons aperçu dans le chapitre XII du livre de Daniel l'égalité enseignée par lui entre ses 1290 ans et 2 $^1/_2$ de ses *temps*, et cette égalité a donné précisément, en accord indépendant avec tout ce qui précède, pour valeur du *temps*, 516 ans.

De même, c'est seulement après la publication de la *Mathématique*, que, nous demandant par une induction naturelle, — π étant le régulateur des cycles dans le monde créé, — si notre groupe périodique 516, 520, 528 fondamental du système de l'Écriture ne serait pas, lui aussi, lié d'une manière systématique au nombre π, nous avons découvert qu'il en est effectivement ainsi, et qu'en appliquant algébriquement, c'est-à-dire avec leurs signes, à l'entier 523 de la division de 1000 π par $1 \times 2 \times 3 = 6$. les trois nombres premiers 3, 5, 7 qui forment groupe isolé dans la formule de Leibniz, on constitue les trois périodes antérieurement établies 516, 520, 528.

Mais, dira-t-on peut-être ensuite de cela, il paraît alors nécessaire que l'entier 523, formant ici la base du système, soit, indépendamment de ce qui précède, mis en évidence dans la Bible. Or, il l'est de la manière la plus nette, à la base même de sa chronologie, car la durée de l'ancienne alliance, ou d'Adam à l'ère chrétienne, est égale $2 \times 2 \times 2 \times 523 = 8 \times 523$; et enfin ce nombre 523 est, pris en lui-même, fort remarquable, car c'est un nombre premier, et, dans la suite des nombres premiers, c'est le centième.

13. — L'intervention du rang des nombres premiers dans notre analyse nous conduit à présenter ici une nouvelle observation essentielle. Ce numéro d'ordre du nombre est sans doute un élément nouveau et particulier de computation; mais, comme on vient de le voir, il n'a pas été introduit d'une manière arbitraire. Il s'est proposé dans l'Écriture à l'occasion d'un nombre remarquable, le nombre 523, dont elle invitait, en le désignant, à définir les caractéristiques; et ce que nous disons ici doit s'appliquer à d'autres cas : l'introduction d'un élément de recherche nouveau n'a jamais été dans notre investigation que le fait de la Bible elle-même; dans la suite de la déduction rationnelle, en fixant l'attention sur certaines données, c'est elle qui a appelé la détermination de leurs caractères propres. Nous considérons cette revendication de méthode comme essentielle. Elle doit couper court à toute attribution d'arbitraire tendante à dénaturer la marche rationnelle à laquelle nous nous sommes scrupuleusement astreint.

14. — Si l'on réduit à quatre les nouvelles concordances que nous venons de mentionner, savoir : la mise en évidence directe dans la chronologie biblique des périodes 516, 528; la période 516 donnée par le nombre 1290 de Daniel; les périodes 516, 520, 528 retrouvées dans le nombre π, et la base 523 calculée par ce nombre et retrouvée directement dans la chronologie, la probabilité que tout cela, comme aucune de nos concordances, n'est pas dû au hasard, c'est-à-dire que tout cela est intentionnel et systématique, deviendra

$$P = \frac{32767}{32768},$$

soit la certitude.

15. — Les résultats de premier ordre précédents, qui appartiennent au corps proprement dit de notre livre, suffiraient donc pour établir sans objection possible la thèse qu'il défend, savoir le caractère entièrement systématique et, dans l'espèce, l'Inspiration du document biblique. C'est désormais un fait prouvé par des arguments externes.

Il faut cependant citer encore, apparaissant ensuite comme partie subsidiaire, mais singulièrement démonstratif d'une inspiration plénière, un objet d'un ordre plus particulier. Il s'agit de l'écriture chiffrée de la Bible.

Les lettres de l'alphabet, en hébreu et en grec, étant aussi bien des chiffres, la Bible est par cela même aussi bien un livre de chiffres qu'un livre de lettres. Lors d'une étude du livre d'Ésaïe en 1907, l'existence dans ce livre de certains noms propres sans explication aucune pour les commentateurs nous a conduit à chercher leur sens dans la seule hypothèse qui restât, savoir dans leur valeur numérique; et cette première épreuve nous a immédiatement fait connaître, de la manière la plus démonstrative, l'intention du contexte. Ce détail est utile parce qu'il confirme de nouveau qu'aucun élément d'appréciation n'a été admis par nous arbitrairement; l'introduction en a été chaque fois, de nécessité et naturellement, le fait de la Bible elle-même au cours de la recherche.

C'est à la suite de cette expérience d'essai que, mieux instruit du bien fondé, de l'intérêt et de l'étendue de cet aspect du document, nous y avons puisé de nouvelles preuves ou de nouvelles vérifications. Sa considération se trouvait en effet légitimée :

1° Par le fait que de tout temps l'écriture chiffrée a été regardée comme une réalité par les Juifs;

2° En ce que, dès les premiers siècles, on la trouve mise en œuvre par les chrétiens;

3° Enfin et surtout, car cela suffirait, en ce que la Bible la sanctionne directement en proposant à notre attention réfléchie le nombre 666 du nom du faux prophétisme; elle applique d'ailleurs ici la computation non pas à une donnée d'ordre inférieur, mais à un élément fondamental de son enseignement, puisqu'elle désigne par là une puissance à la fois politique et religieuse, qui occupera toute l'histoire, de la première à la seconde venue de Jésus-Christ.

La question est donc tout d'abord que la Bible, par un élément nouveau, introduit une nouvelle branche de connaissance. Par elle, l'écriture chiffrée est une réalité. Or, on doit estimer que c'est aussi là toute la question. Il ne restera plus, comme en toute science, la réalité de la matière étant établie, qu'à se laisser guider d'une manière rationnelle dans l'application d'un principe que l'on sait exister.

Si l'on se conforme à cette règle élémentaire, les concordances se présentent, dans ce nouvel ordre, non moins simples, nettes et démonstratives. En voici des exemples.

Le *temps* de Daniel (Dan. XII) avait d'abord été identifié, par la seule vue de l'histoire, avec la période 516 de Brück; le nombre explicite 1290 de Daniel, égalé par lui à 2 $^1/_2$ *temps*, a ensuite donné de même 516 pour la valeur de *1 temps*. Il est donc naturel d'induire que, si l'écriture chiffrée est une réalité, le mot qui, dans Daniel, lorsqu'il suppute historiquement ses 3 $^1/_2$ temps (par 1, 2 et $^1/_2$), désigne individuellement le premier de ces *temps*, aura pour valeur numérique ce même nombre; ce serait d'ailleurs là, dans les concordances accumulées, une preuve, par sa précision et sa particularité, décisive. Or, il en est ainsi. Ce mot a bien pour valeur *516*.

Un autre exemple, de même importance comme induction réalisée, est celui des mots « Mané, Thécel, Pharès », qui, d'après le contexte, désignent des espaces historiques propres à la succession des peuples. Ces mots (qui sont au nombre de 7) reproduisent, en effet, par la somme 2079 de leurs valeurs numériques l'ensemble exact des périodes quinquaséculaires de la Bible (les trois périodes prophétiques 516, 520, 528, dont nous avons parlé plus haut, et la période physique 515, ensemble de quatre périodes établi dès 1893 dans la *Concordance*, en dehors de tout ceci que nous ne soupçonnions pas).

Les exemples précédents sont empruntés à l'Ancien Testament et concernent l'Hébreu. Au sujet du Nouveau Testament, il nous suffirait de rappeler l'induction (proposée par un autre observateur), suivant laquelle le dernier verset de l'Écriture devait reproduire, par l'écriture chiffrée, la durée intégrale

$$4184 + 2386$$

de toute l'échelle chronologique, durée, aussi depuis vingt ans, par nous établie; or, l'épreuve faite nous a en effet donné, en parfait accord avec les deux parties du texte de ce verset, pour sa valeur numérique :

$$7 \times (7 . 7 . 7) + (4184 + 2386) . \quad (*)$$

Un second exemple emprunté au Nouveau Testament est constitué par un fait simple et typique. 666 étant le nombre du Faux prophète, nombre, a-t-on dit, donné explicitement dans le texte, 777 le nombre de la sainte Trinité, connu d'abord par Ésaïe (Anc. Test.), le nom de Jésus a pour valeur, en grec, 888. Ce dernier nombre, en tant qu'écriture chiffrée de Jésus, avait profondément attiré l'attention de l'Église dans les premiers siècles. Pour nous, constatons simplement que la probabilité que cette triple répétition de nombres à trois chiffres égaux, nombres dont l'un est explicitement donné par l'Écriture, soit due au hasard, est pratiquement nulle.

16. — On pourra, si l'on veut, en joignant les concordances relatives à l'écriture chiffrée aux concordances qui précédaient et qui étaient indépendantes de ce dernier objet, calculer de nouveau la probabilité, encore plus rapprochée de la certitude qu'elle l'était déjà, que tout l'ensemble de ces faits de l'Écriture est systématique. Mais même sans ces nouvelles données,

---

(1) On nous a fait remarquer, depuis la publication de notre livre (ce qui nous avait échappé, sans quoi sûrement. vu son importance, nous l'aurions signalé), que la formule qui constitue le dernier verset ou le terme de l'Écriture, et qui est employée par saint Jean *une seule fois*, et vraisemblablement empruntée par lui à saint Paul, revêt exactement la forme littérale sous laquelle Paul, en II Thess., fait connaître le signe de ses 14 Lettres ; de telle sorte que Paul, si alors on l'avait remarqué, lui-même désignait déjà à notre attention la relation mathématique précédente Le signe de Paul, l'apôtre des nations, avait donc une portée profonde que nous ne lui soupçonnions pas ; cette portée d'ailleurs, définie par l'écriture chiffrée qui précède, convient éminemment à ses propres écrits, si l'on fait attention (c'est ce qui explique le signe) que l'objet constant de Paul dans ses Épîtres est l'étendue de l'Histoire jusqu'aux derniers temps, et qu'écrites ainsi pour toute l'Humanité, ces Épîtres sont essentiellement prophétiques.

le degré de certitude obtenu nous paraît déjà suffisant pour qu'on ne puisse pas mettre en doute cette conclusion, qui est la thèse de notre livre.

Le rapide exposé qui précède, et où nous avons insisté sur ce que c'est l'ordre progressif et rationnel de la déduction qui fait toute la valeur de la preuve, servira d'éclaircissement utile à des critiques qui, de-ci de-là, se sont fait jour, et qui, les unes évidemment hostiles, les autres sympathiques, s'unissent cependant, par une communauté de procédé, pour donner de notre travail une idée entièrement fausse. Ce procédé — qu'il soit mis en œuvre à dessein, ou qu'il le soit par manque d'attention scientifique — consiste à passer sous silence le corps de l'ouvrage et sa méthode, et à ne citer que des traits de détail, qu'en outre on présente comme puisés arbitrairement et au hasard dans le document.

Nous ne pouvons, pensons-nous, mieux répondre à ces critiques qu'en démontrant, comme nous venons de le faire, qu'il n'en est nullement ainsi, et nous avons la confiance que c'est aussi le jugement qui sera porté par ceux qui se donneront la peine de lire vraiment notre livre.

17. — Il nous reste, dans l'ordre du sujet, pour embrasser dans toute son étendue le champ des concordances, à signaler un fait systématique d'une portée plus haute encore que celle des précédents.

Nous venons de voir la Bible régler sa construction historique et prophétique externe sur les nombres entiers. Il s'agit maintenant du fait :

1° Que, d'une part, elle fait intervenir aussi certains nombres entiers dans ses données relatives à ce qu'il nous est permis d'entrevoir de la nature de Dieu (tel le nombre 3 de la Trinité) ;

2° De ce que, d'autre part, ces mêmes nombres entiers se retrouvent comme régulateurs dans la science abstraite de la grandeur, science dont le monde physique est une application.

Considérons d'abord le nombre 3, répandu par toute la Bible dans la notion de la Trinité en Dieu (même dès son premier verset, où la pluralité *Elohim* est le troisième mot de ce verset de 7 mots). Comme nous l'avons fait observer depuis longtemps, ce même nombre 3 est aussi, par les trois espèces

$$+ - \sqrt{-1}$$

de la grandeur, le fondement de la science purement intellectuelle, unique, construite par la seule raison et qui contient toutes les autres, de la mathématique abstraite. D'un autre côté, le nombre 3 est également, par les trois dimensions, le fondement de l'espace que nous observons; il y détermine les conditions nécessaires et suffisantes de l'existence des corps.

Il suivrait déjà de cette triple concordance que la Bible, déjà prouvée organisme mathématique, touche aussi, dans l'ordre mathématique abstrait, aux notions de principe les plus profondes qu'il soit donné à l'esprit humain de concevoir.

Mais ce n'est pas tout. Comme nous l'avons exposé ailleurs (et nous y reviendrons dans le second volume de ces Leçons), la science de la grandeur abstraite est construite, dans son progrès rationnel, suivant la succession des nombres entiers 1, 2, 3, 4, 5, 6, lesquels forment groupe encadré entre le néant *0* et le nombre 7; et, au cours de ce progrès, deux nombres incommensurables, e et π, apparaissent en tant que régulateurs de l'édifice, l'un principe de croissance indéfinie, l'autre de périodicité (tous deux sont appliqués dans la construction des cieux); et, tout de même, la science de l'espace, ou la géométrie, reproduit comme éléments fondamentaux de sa constitution tous ces traits systématiques de la grandeur abstraite avec leur groupe canonique de nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, de telle sorte qu'en fait l'espace se présente dans le monde créé comme l'écriture de la mathématique.

Or les nombres régulateurs de l'édifice biblique sont ces mêmes nombres entiers 1, 2, 3, 4, 5, 6, compris entre le non-être *0* et le nombre divin 7 qui en couronne l'ensemble; et cela se constate dans la Bible, non pas en glanant les applications de cette ordonnance à travers l'étendue du document, mais d'une manière éclatante, en ce que, explicitement, et comme un fronton, cette ordonnance se trouve écrite en tête du document tout entier par son *premier chapitre.*

La raison d'être du nombre 7 comme nombre divin dans l'Écriture trouve donc sa justification dans la mathématique elle-même. On a vu d'ailleurs l'usage que la Bible faisait du nombre à périodicité π pour la détermination de ses périodes, et nous verrons ultérieurement (dans le second volume de nos Leçons) qu'elle ne fait pas moins usage dans sa construction du premier nombre régulateur e). Quant au nombre 3, nous l'avons vu, il apparaît de lui-même à la fois dans la Bible, dans la Mathématique et dans la Géométrie. Ce sont là des faits que, dans les errements actuels, quoique sans justification rationnelle, on se refusera peut-être à envisager; mais ils n'en existent pas moins.

18. — Nous observerons en passant que, par conséquence réflexe, la connexion entre la Bible, la mathématique et la géométrie renforce singulièrement, à sa manière, la vérité de l'idée exprimée plus haut que la géométrie est une écriture de la mathématique, cette idée qui, à elle seule, démontrerait la Création. Nous pourrions rappeler ici, ce qu'autre part déjà nous avons exposé, que cette idée tout aussi bien s'impose pour rendre compte du caractère d'évidence que seule entre toutes les sciences du monde physique présente la géométrie, et que cette évidence est, prise en elle-même, un *fait* qui doit être expliqué; que d'ailleurs *l'évidence,* on l'oublie trop, a une définition en probabilités. Ce n'est pas une attribution arbitraire de notre esprit : c'est la propriété des choses auxquelles correspond dans notre esprit une seule idée possible, et pour lesquelles il y a dès lors certitude par non-existence de choix.

Pour la géométrie, l'idée possible unique est celle de la grandeur abstraite, et l'évidence, où l'impossibilité de concevoir plusieurs géométries ou sciences de l'espace (impossibilité prouvée par l'échec même des tentatives que l'on a faites pour cela), provient de ce qu'on ne peut construire qu'une seule géométrie parce qu'on ne peut construire qu'une seule mathématique.

Si on le conteste, notre argumentation sera simple : pour douter de la géométrie, nous avons encore à attendre qu'on nous présente deux définitions différentes de l'espace, puisque la géométrie est la science de l'espace. Mais d'ailleurs, nous ne cherchons pas à engager ici une discussion qui dépasserait le cadre de cette Note (¹). Sans même prendre parti, et restant

---

(¹) A considérer la Note actuelle comme analyse de notre ouvrage, nous tenons cependant à mentionner le travail consacré dans celui-ci à la Métagéométrie (dans une annexe de la Lettre qui précède les Leçons). Nous pensons y avoir mis avec clarté en évidence ce qu'il nous est impossible de ne pas considérer comme des erreurs de principe et d'observation de ce mouvement d'idées.

Voici, à cet égard, quelques remarques simples :

1° La Géométrie (que la Métagéométrie ne définit pas, non plus qu'elle ne se définit d'ailleurs elle-même, ce qui suffirait cependant déjà à tout éclaircir) est la science de l'espace. Pour faire douter de la nature de son objet, il faudrait donner à choisir entre plusieurs définitions possibles de cet objet. Or personne, et la Métagéométrie elle-même, n'a jamais pu donner de l'espace qu'une seule définition (celle de la géométrie analytique ou de l'espace euclidien);

2° La Métagéométrie ne fait croire à plusieurs espaces, qu'en confondant la science de la ligne droite avec la science de l'espace;

3° Elle emprunte ses éléments nécessaires à l'expérience. Or, son point de vue expérimental est fautif par insuffisance. Elle considère, en effet, un seul élément : la *distance* (fil tendu entre deux points). Or, un second élément existe, aussi nécessaire : la *direction* ou *orientation*. (Preuve : la simple expérience du fil tendu entre les doigts et qui, restant même réalité physique (distance), peut exister de plusieurs façons à partir d'un même point. Il y a donc un second élément spécifique aussi nécessaire que la distance elle-même : c'est l'orientation ou direction.) Ceci reviendrait à dire, sous une autre forme, qu'il serait aussi illusoire de vouloir fonder la Géométrie sur la seule distance et sans la direction, que de construire la Mathématique par le seul *module* de la grandeur, et en ignorant l'*argument*.

C'est le second élément fondamental (la direction), méconnu par la Métagéométrie, dans notre point de vue probabiliste, nous voulons simplement faire observer que le document sacré confirme par ses concordances la réalité de la notion traditionnelle et universelle de l'espace euclidien; que dès lors, dans son point de vue, c'est Descartes, par la géométrie analytique, qui est le vrai fondateur de la théorie de la géométrie, et que la conception de Newton, comme de Clarke, de Kant, conception qui est celle de tout le monde, non seulement est rigoureusement vraie, mais est seule possible.

19. — Nous venons de parcourir tout le champ des caractères systématiques de la Bible, depuis le point de vue interne de la géométrie morale d'un Pascal, jusqu'aux connexions que la Bible supporte avec la science de la grandeur abstraite, et avec l'écriture externe de celle-ci dans le monde créé, la Géométrie.

Entre ces deux extrêmes, nous avons rencontré l'ensemble des concordances qui se rapportent à la construction même du document et au développement de son plan historique et de son plan prophétique, et cela constitue proprement le corps de notre ouvrage.

Si, dans chacun des domaines précédents, les concordances peuvent et doivent être séparément envisagées, l'ensemble de ces domaines, dont la synthèse ferait appel à toutes les facultés de l'esprit humain, constitue en soi un édifice systématique d'un ordre plus dominateur encore. Cet édifice, qui recouvre ainsi toute l'Humanité, c'est proprement LA BIBLE ou LE LIVRE; mais qu'on la considère dans son unité supérieure ou

---

qui lui rend impossible la démonstration du Postulatum d'Euclide; et c'est cet élément qu'un des pères de la Géométrie, Legendre, prévoyait et demandait quand il disait que la démonstration du Postulatum dépendrait d'une meilleure définition de la ligne droite. Comme cela se trouve en effet exposé dans mon livre, quand on restitue le second élément fondamental, le Postulatum d'Euclide se démontre très simplement et, d'ailleurs (il faut y appuyer), sans aucune considération de limite ou d'infini.

dans ses parties, faite pour nous, son procédé didactique, adapté à nos moyens reste le même; elle-même s'offre à l'examen, cherche, pour nous, dans notre esprit, son témoignage; et suscitant dans toute sa profondeur le principe de probabilité, c'est par la concordance, instinctivement sentie ou consciemment observée, de ses multiples aspects, que, se retrouvant toute dans l'homme, elle a dans tous les temps établi son autorité.

20. — Cette autorité de la Bible, si on voulait la définir par un seul terme, se condenserait dans celle du caractère de Jésus-Christ; car il est dans la Bible le centre et la base de la doctrine, et il a rendu témoignage au Livre en tant que livre construit, jusque dans ses moindres parties, suivant un plan divin. Or, nous terminerons en remarquant que, dans cette dernière vue, qui lie l'autorité de Jésus-Christ à celle de la Bible, il n'y a aucune raison de s'étonner, et de trouver extraordinaires les concordances numériques précises qui, pénétrant jusqu'au détail, mettent sur l'Écriture le sceau de l'Inspiration. Bien au contraire cela est tout à fait dans l'ordre; et, renversant notre thèse sans abandonner notre point de vue d'induction purement scientifique, nous avons le droit de dire que, si le Christianisme est vrai, les faits que nous avons présentés sont vrais également.

Géologie. — **Le charbon de la Lukuga.**

par Max LOHEST.

J'ai l'honneur de signaler à la Classe une découverte de nature à intéresser beaucoup l'avenir de notre Colonie. Elle est due à deux de mes élèves, MM. Xhignesse et Mercenier, qui faisaient partie d'une expédition au Katanga dirigée par

M. Minette d'Oulhaye, également sorti de l'École des mines de Liége.

Il s'agit de couches à sphérosidérites et à végétaux fossiles d'âge permien, situées sur la Lukuga, à l'ouest du Tanganika. Ces couches renferment un combustible analogue à celui exploité dans les bassins d'âge permien du Transvaal et de la Rhodésie.

Un premier mémoire concernant cette trouvaille et les échantillons à l'appui ont été présentés à la dernière séance de la Société géologique de Belgique, par M. Mercenier, actuellement de retour du Katanga.

CHIMIE. — **De la diffusion du molybdène dans le terrain houiller de Liége,**

par A. JORISSEN, membre de l'Académie.

Dans une note publiée en 1896 (¹), je rapportais que les suies et les poussières produites par la combustion de la houille provenant de certains charbonnages du bassin de Liége et se déposant soit à l'intérieur des cheminées de foyers domestiques, soit dans les conduits aboutissant aux cheminées des foyers industriels, contiennent des traces d'une substance présentant les caractères chimiques des composés de molybdène (²).

D'autre part, en 1900, M. Demarçay (³) annonçait avoir constaté, par l'analyse spectrale, la présence du molybdène dans les cendres obtenues par l'incinération du bois de divers végétaux tels que le pin sylvestre, l'épicéa, la vigne, le chêne, le charme et le peuplier. On sait, du reste, que des traces de molybdène se trouvent dans quelques produits de la métallurgie, dans certains aciers, par exemple.

(¹) *Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXIII, Mémoires. Liége, Vaillant.

(²) Dans un travail résumé par *Chem. Centralblatt*, 1899, I, p. 449, Hillebrand s'est appliqué à déterminer la diffusion du molybdène dans diverses roches des États-Unis.

(³) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. CXXX, p. 91.

Au cours d'expériences destinées à déterminer l'influence de la composition du sol sur la nature des matières minérales absorbées par les végétaux, j'ai repris mes recherches sur la diffusion du molybdène dans le terrain houiller de Liége et de Charleroi, et les résultats obtenus confirment les données que j'avais recueillies en 1896.

En opérant sur des quantités notables de suies et de poussières provenant de la combustion de la houille extraite dans de nombreux charbonnages du bassin de Liége, j'ai toujours pu isoler une dose de composés de molybdène permettant d'identifier à suffisance cet élément par la voie humide. Les suies et poussières provenant du charbon de Monceau-Fontaine (bassin de Charleroi) contiennent également du molybdène. Généralement la quantité d'acide molybdique isolée dépasse un centigramme par kilogramme de matière analysée.

Les détails relatifs aux opérations qui permettent de constater aisément l'existence du molybdène dans les matériaux examinés seront décrits dans une revue spéciale; il suffira de rappeler ici que le mieux est de traiter à chaud les matières à analyser par l'acide chlorhydrique mélangé d'acide nitrique. Après refroidissement, on dilue, filtre et évapore le liquide filtré à siccité. Le résidu est repris par l'acide chlorhydrique dilué à chaud, on filtre, puis on soumet la solution à l'action de l'acide sulfhydrique et on abandonne le liquide saturé de gaz pendant quarante-huit heures.

On traite le précipité de composition complexe qui se dépose peu à peu, par une solution de sulfure sodique. La solution est additionnée d'acide chlorhydrique dilué et les sulfures précipités sont soumis au traitement décrit par Otto (méthode de Meyer) (¹) pour la séparation de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain dans les recherches toxicologiques (oxydation par l'acide nitrique fumant, puis fusion du résidu avec du carbonate et du nitrate sodiques, reprise par l'eau, saturation par l'anhydride

---

(¹) *Anleitung zur Ausmittelung der Gifte.* Braunschweig, Vieweg, 1896, p. 183.

carbonique et évaporation de la solution filtrée en présence d'un excès d'acide sulfurique). Quand, après séparation de l'arsenic à l'état d'arséniate ammoniaco-magnésique, on traite les eaux mères acidulées par l'acide sulfhydrique, on remarque qu'il se forme peu à peu un précipité brun noirâtre dans lequel on peut déceler facilement le molybdène par les réactions suivantes : Après avoir recueilli le sulfure sur un petit filtre, on incinère avec précaution le filtre et son contenu; on humecte le résidu d'acide nitrique, on dessèche, puis on chauffe modérément sur une petite flamme.

Le produit obtenu donne à la perle de borax, à la flamme de réduction, une teinte brune disparaissant au feu d'oxydation. On le traite par l'ammoniaque, on filtre et on évapore le liquide ammoniacal à siccité au bain-marie. Une partie du résidu traitée par l'acide chlorhydrique abandonne, par évaporation au bain-marie, un dépôt qui, par refroidissement et exposition à l'air humide, prend une coloration bleu indigo. Ce dépôt, repris par l'eau et une goutte d'acide chlorhydrique, donne, par le sulfocyanate potassique et l'acide sulfhydrique, la belle réaction décrite par Ganassini (¹).

Une deuxième portion du résidu en question, additionnée d'une goutte d'ammoniaque, d'un léger excès d'acide nitrique et d'une goutte d'une solution très diluée de phosphate ammonique, fournit, à chaud, un précipité cristallin jaune entièrement soluble dans l'ammoniaque (phosphomolybdate ammonique).

Une troisième portion du même résidu colore en rouge, à l'ébullition, la solution d'acétate de phénylhydrazine, et le mélange agité avec du chloroforme communique au dissolvant une coloration rouge intense (²).

Enfin une solution du composé ammonique en question, dans quelques gouttes d'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, se colore

---

(¹) *Bolletin. Chim. Farm.*, 41, pp. 417-419, et *Chem. Centralblatt*, 1902, II, p. 476.

(²) Spiegel et Maas, *Berichte der Deutsche Chem. Gesellschaft*, 36, p. 512.

en bleu, puis en brun au contact du zinc, et quand on dissout une très petite quantité du résidu solide dans l'acide sulfurique concentré, on obtient un liquide dont quelques gouttes prennent une coloration violette très intense au contact d'une parcelle de morphine (réaction de Fröhde).

Les échantillons de suies et de poussières examinés fournissent donc une quantité appréciable de composés de molybdène, élément qui est généralement considéré comme rare.

Ajoutons qu'à divers points de vue il est intéressant de faire remarquer qu'ayant soumis quelques échantillons dont nous disposions à un simple traitement par l'eau, nous avons constaté qu'une partie, tout au moins, des composés de molybdène passent en solution dans ce liquide. Au surplus, ce n'est pas seulement en opérant sur les suies et les poussières provenant de la combustion du charbon que l'on peut déceler l'existence de composés de molybdène.

Les débris de schistes houillers, qui constituent parfois des amas considérables à proximité de nos charbonnages et auxquels une combustion lente a communiqué une coloration rouge brique, en contiennent aussi, comme j'ai pu m'en assurer en opérant sur un fort échantillon (plusieurs kilogrammes) de ces schistes rougis provenant des environs de Liége et qui avait été obligeamment mis à ma disposition.

L'origine du molybdène existant dans les suies et les poussières de houille n'est donc pas douteuse.

Institut de pharmacie de l'Université de Liége,
décembre 1912.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — **Remarque sur une série double,**

par PAUL NOAILLON, docteur en sciences physiques et mathématiques (*).

La série double à termes tous finis et positifs :

$$S = \Sigma u_{m,n}$$

$$\begin{pmatrix} m = 0, 1, 2 \ldots \infty \\ n = 0, 1, 2 \ldots \infty \end{pmatrix}$$

où

$$u_{m,n} = \frac{1}{1 + (m^4 - xn^4)^2}, \quad x > 0,$$

présente une particularité remarquable : cette série de forme très simple est convergente ou divergente selon la valeur de x, et cela selon une loi assez singulière :

Dans tout intervalle, si petit qu'il soit, on peut trouver des valeurs de x qui rendent la série divergente, et d'autres valeurs qui la rendent convergente (**).

Démonstration.

1° Il est évident que dans tout intervalle existent des valeurs de x de la forme

$$x = \left(\frac{p}{q}\right)^4,$$

p et q étant des nombres entiers.

Or, une telle valeur de x rend S divergente. En effet, dans ce cas, la série des termes positifs $u_{m,n}$ renfermera une infinité de termes égaux à l'unité : tous ceux dont les indices (m, n) satisfont à la relation

$$m^4 - xn^4 = 0$$

ou

$$\frac{m}{n} = \frac{p}{q}.$$

(*) Présenté par M. Ch.-J. de la Vallée Poussin.

(**) Nous supposons x réel et positif.

2° Il est évident aussi que dans tout intervalle existent des valeurs de x de la forme

$$x = \alpha^2,$$

α étant un nombre positif rationnel

$$\alpha = \frac{P}{Q}$$

qui ne soit pas le carré d'un nombre rationnel.

Nous allons voir qu'une telle valeur de x assure la convergence de S.

On a

$$u_{m,n} = \frac{1}{1 + (m^2 - n^2\alpha)^2 \, . \, (m^2 + n^2\alpha)^2},$$

mais

$$m^2 - n^2\alpha = \frac{m^2Q - n^2P}{Q}$$

et, comme on suppose que $\alpha = \frac{P}{Q}$ n'est pas le carré d'un nombre rationnel, on a

$$m^2Q - n^2P \neq 0$$

et même, puisque m, n, P, Q sont des entiers,

$$| \, m^2Q - n^2P \, | \geqq 1.$$

Donc

$$u_{m,n} \leqq \frac{1}{1 + \frac{1}{Q^2}(m^2 + n^2\alpha)^2}.$$

Or la série double

$$\sum_{m,n} \frac{1}{1 + \frac{1}{Q^2}(m^2 + n^2\alpha)^2},$$

où α est un nombre positif, est certainement convergente. Donc, *a fortiori*, S est convergente. C. Q. F. D.

Chimie-physique. — **Détermination du poids atomique du sélénium** (¹),

par P. BRUYLANTS, chargé de cours à l'Université de Louvain,
et
A. BYTEBIER, docteur en sciences.

Nous avons consigné dans ce mémoire les résultats de nos déterminations du poids du litre de l'hydrogène sélénié et de la compressibilité de ce gaz, effectuées dans le but d'en déduire son poids moléculaire exact et le poids atomique du sélénium.

Nous y avons ajouté les résultats de nos mesures de densité de l'oxygène.

En 1898, à la suite des travaux de Pettersonn et Eckmann (²), la Commission internationale avait admis comme poids atomique du sélénium la valeur 79,1.

En 1903, elle admet la valeur 79,2, à la suite des travaux de Lenher (³) et Meyer (⁴). L'écart extrême dans les déterminations de Lenher est de $^1/_{600}$ environ, dans les déterminations de Meyer de $^1/_{720}$.

En présence de ces écarts assez notables, nous avons entrepris le contrôle par voie physico-chimique en déterminant le poids moléculaire d'un gaz riche en sélénium, l'hydrogène sélénié.

Ce gaz se prépare aisément ; il est, de plus, d'un maniement facile, étant donné son point d'ébullition relativement élevé (— 40° environ).

Cependant son action physiologique est des plus désagréables : il attaque surtout les muqueuses du nez et fait même perdre temporairement l'odorat. Il provoque, de plus, une toux fort douloureuse.

(¹) Présenté par M. Alex. de Hemptinne.

(²) *Ber.*, 9, 1210.

(³) *Amer. chem. Soc.*, 20, 555.

(⁴) *Ber.*, 35, 1591.

L'emploi d'appareils de production et de purification, complètement en verre soudé, nous a cependant permis d'en manipuler de notables quantités sans en être trop incommodés.

Pour déterminer le poids du litre d'hydrogène sélénié, nous avons adopté la méthode des ballons de Regnault, avec les divers perfectionnements apportés par les nombreux expérimentateurs qui l'ont employée.

Comme instruments de mesure, nous nous sommes servis de quatre ballons de capacité variant entre 400 et 1,000 centimètres cubes environ, munis de bons robinets Geissler et de joints coniques rodés, permettant de les fixer, avec une étanchéité parfaite, à la canalisation d'amenée des gaz.

A chacun de ces ballons correspond un contrepoids de même verre et de même volume à 1 ou 2 centimètres cubes près.

Ces appareils ont été calibrés suivant la méthode ordinaire (¹) ; la contraction qu'ils subissent par le vide a été déterminée par le procédé usuel (²).

Le tableau suivant donne les capacités des ballons et leur contraction :

BALLONS.	Volume à 0°.	Contraction en centimètres cubes.	C.
	cent. cubes.		
1	410,606	0,049	0,00015
2	503,578	0,057	0,00014
3	603,546	0,070	0,00013
4	1006,915	0,130	0,00016

C indique la correction positive exprimée en poids d'air, correspondant à la contraction et ramenée au litre.

(¹) Ph.-A. Guye, Recherches expérimentales sur les propriétés physico-chimiques des gaz, etc. (*Mém. Soc. phys. et hist. nat. de Genève*, vol. XXXV, pp. 561 et 638.)

(²) Travers, *Experimentelle Untersuchungen von Gasen*, p. 121.

Le baromètre, construit par nous, destiné à la mesure de la pression de fermeture des ballons est relié à la canalisation des ballons. Il est du type Gay-Lussac et est accolé à une échelle graduée sur verre, construite par la Société genevoise d'instruments de physique. La chambre barométrique est soudée à une pompe Antropoff, petit modèle, permettant de s'assurer du vide complet avant chaque mesure.

Le baromètre est enfermé dans une cage vitrée, assurant une constance thermique suffisante.

Les lectures barométriques sont faites au moyen d'un micromètre donnant environ 125 divisions pour 1 millimètre.

Le vacuomètre du type Mac Leod est monté à l'extrémité de la canalisation des ballons; il est construit pour apprécier un vide de l'ordre du millième de millimètre. Toutes nos mesures ont, d'ailleurs, été faites en poussant le vide aux environs de $0^{mm}01$, de manière à n'avoir pas à tenir compte des pressions résiduelles dans les ballons.

En fait de pompes pneumatiques, nous disposions d'une pompe de Gaede et d'une pompe automatique à chapelets capillaires, dite pompe de Beutel.

Les mesures de compressibilité ont été faites en déterminant à 0°, pour une même masse gazeuse, une série de produits *pv*.

La méthode suivie est essentiellement celle qu'ont employée Gray et Burt (¹) dans leur mesure de compressibilité de l'acide chlorhydrique : notre appareil était presque identique à celui de ces expérimentateurs.

Le baromètre est, comme dans les mesures de densité, entouré d'une cage vitrée, assurant une bonne constance de température. Sa chambre barométrique est également liée à une petite pompe Antropoff.

L'espace nuisible du baromètre qui s'ajoute au volume de l'ampoule de compressibilité, a été exactement calibré au mercure. Sa valeur à 0° est $1^{cc}146$.

(¹) *Journ. Chem. Soc.*, 95, 1633.

La contraction de l'ampoule par le vide est négligeable.

Nous avons entrepris la préparation de l'hydrogène sélénié par trois méthodes : la méthode de Fonzes-Diacon, la méthode de Ditte et celle de Moissan et Etard.

Méthode de Fonzes-Diacon (¹). — Cette préparation est des plus aisées : elle consiste à décomposer le séléniure d'aluminium par l'eau.

$$Al_2Se_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2Se.$$

La préparation du séléniure lui-même ne présente pas de difficultés, si l'on suit les indications de Fonzes-Diacon.

L'appareil que nous avons employé pour la production du gaz diffère un peu de celui de l'auteur.

Un ballon à distillation fractionnée, renfermant le séléniure et surmonté d'un entonnoir à robinet rempli d'eau, est soudé par l'ajutage latéral à un tube renfermant du séléniure d'aluminium en morceaux, puis à un tube à pentoxyde de phosphore, enfin à l'appareil à condensation.

On laisse couler, goutte à goutte, sur le séléniure, l'eau privée d'air par ébullition; le gaz se dégage abondamment, se dessèche par son passage d'abord sur le séléniure d'aluminium, ensuite sur l'anhydride phosphorique. On le condense dans une ampoule à distillation, au moyen du mélange réfrigérant de neige carbonique et d'éther : il se présente ainsi sous forme d'un solide cristallin blanc qui se sublime aisément.

La purification s'effectue par voie physique dans les appareils appropriés de distillation et de sublimation (²).

Le gaz obtenu par cette méthode est d'ailleurs remarquablement pur; il n'attaque en aucune façon le mercure des appareils et il suffit de deux à trois sublimations fractionnées pour qu'il présente un point triple d'une fixité remarquable.

(¹) *Comptes rendus*, 132, 1314, 1906; *Ann. chim. et phys.* (7), 26, 247.

(²) Voir notamment : Ph.-A. Guye, *Arch. sciences phys. et nat.* (4), 27, 32. — G. Baume, *Journ. chim. et phys.*, VI, 31, etc.

Nous avons ainsi préparé de notables quantités de gaz : l'appareil de production et l'appareil de rectification restent très propres, le mercure ne se ternit en aucune façon, pourvu que l'on évite toute rentrée d'air.

C'est exclusivement avec le gaz préparé par cette méthode qu'il nous a été possible d'effectuer les mesures de densité et de compressibilité.

Méthode de Ditte (¹). — Cette méthode consiste à faire agir l'hydrogène sur du sélénium chauffé aux environs de 400°. Nous avons employé pour cette préparation un appareil du genre de celui décrit par Ditte. Malheureusement, la condensation de l'hydrogène sélénié formé, noyé dans une grande masse d'hydrogène, est fort difficile. Le gaz passe par deux ampoules à condensations successives plongées dans l'air liquide.

Après une dizaine d'heures de travail consécutif, nous n'avons pu obtenir que 2 centimètres cubes environ de gaz liquéfié. Après sublimation fractionnée, ce produit présentait un point triple assez net, mais la quantité en était insuffisante pour entreprendre des mesures de densité.

Méthode de Moissan et Etard (²). — Cette méthode consiste dans l'action du sélénium sur le colophène à l'ébullition. Elle est d'un bon rendement et d'une conduite facile, le courant gazeux est très régulier.

Après quatre heures d'ébullition du colophène, nous avons recueilli dans l'ampoule à condensation environ 20 centimètres cubes d'hydrogène sélénié liquide.

Mais ce produit est impur, il est très visqueux; après une dizaine de fractionnements, le point triple n'est pas net et le gaz solidifié présente une tension de vapeur anormale.

De plus, il a des propriétés organoleptiques différentes de celles que présente le gaz préparé par la méthode de Fonzes-Diacon : il est doué d'une odeur repoussante toute spéciale.

(¹) *Ann. École norm. sup.*

(²) *Bull. Soc. de chim.*, 34, 69.

Cette odeur est due probablement à la présence de petites quantités d'un produit organique sélénié; ce qui nous porte à le croire, c'est que la première ampoule à condensation renfermait à la fin de la distillation quelques gouttes d'un liquide non miscible à l'eau, d'odeur nauséabonde, brûlant avec une flamme éclairante, en laissant un enduit rouge de sélénium.

Nous avons jugé inutile de faire des déterminations de densité avec le gaz de cette provenance.

Résultats expérimentaux.

Nous croyons superflu de faire la description de la marche d'une expérience; nous nous bornerons à donner les résultats expérimentaux.

Le tableau suivant contient sous Lb la valeur du poids du litre brut d'hydrogène à 0°, ramené à la pression de 760 millimètres de mercure à 0°, par la formule des gaz parfaits. Sous Lc', les résultats sont corrigés de la contraction des ballons par le vide et de la réduction au vide des poids marqués.

Ballon 1.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture ramenée à 0°	POIDS du gaz.	Lb.	Lc'.	Lc''.
1	764,25	1,51603	3,67175	3,67138	3,67108
2	738,54	1,46441	3,67015	3,66978	3,67128
3 . . .	761,91	1,51149	3,67191	3,67154	3,67141
4 . . .	743,33	1,47394	3,67017	3,66980	3,67096
				Moyenne. . .	3,67118

Ballon 2.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture ramenée à 0°.	POIDS du gaz.	Lb.	Lc′.	Lc″.
1	764,25	1.85931	3.67169	3,67131	3,67101
2	738,54	1,79592	3,66998	3,66960	3,67101
4	743,33	1,80786	3,67054	3,67016	3,67132
5	758,40	1,84492	3,67137	3,67099	3.67110
				Moyenne. . .	3,67111

Ballon 3.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture ramenée à 0°.	POIDS du gaz.	Lb.	Lc′.	Lc″.
1 . . .	764,25	2,22912	3,67284	3,67245	3,67215
2 . . .	738,54	2,15227	3,66963	3,66924	3,67074
3	761,91	2.22188	3,67215	3,67176	3,67163
4	743,33	2,16681	3,67065	3,67026	3,67142
5	758,40	2,21200	3,67274	3,67235	3,67246
				Moyenne .	3,67168

Ballon 4.

NUMÉROS des remplissages	PRESSION de fermeture ramenée à 0°.	POIDS du gaz.	L*b*.	L*c*′.	L*c*″.
1	764,25	3,71791	3,67186	3,67150	3,67120
2 . . .	738,54	3,59228	3,67129	3,67093	3,67243
3	761,91	3,70622	3,67156	3 67120	3,67106
4	743,33	3,61564	3,67136	3,67100	3,67216
5	758,40	3,69024	3,67265	3,67229	3,67240
				Moyenne . .	3,67185

Pour calculer le poids du litre normal, c'est-à-dire le poids du litre à 0°, à la pression de 760 millimètres, au niveau de la mer et à la latitude de 45°, à partir du litre brut affecté de la correction de contraction des ballons et de la perte de poids dans l'air, il faut encore faire deux corrections :

1° Une correction de gravitation. Sa connaissance nous est indispensable pour le calcul du poids du litre normal d'hydrogène sélénié. Elle n'est pas indispensable pour le calcul de son poids moléculaire et du poids atomique du sélénium. Il suffit pour cela d'avoir déterminé dans les mêmes conditions le poids du litre d'oxygène. C'est de cette façon que nous avons opéré; les résultats des déterminations de densité de l'oxygène seront rapportés plus loin;

2° La correction de compressibilité entre la pression de fermeture des ballons et la pression normale. Pour l'obtenir, nous avons déterminé le coefficient d'écart de l'hydrogène sélénié à la loi de Mariotte.

Trois expériences de compressibilité ont été faites, dont voici les résultats :

Première expérience.

NUMÉROS des mesures.	P corrigé.	V corrigé	P. V.	*a* en millimètres.
1. . . .	703,18	79,000	55551,2	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 652.5 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000198$
2 . . .	652,55	85,210	55607,0	
3 . .	595,65	93,442	55658,8	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 595{,}6 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000180$
4. . . .	532,61	104,644	55734,4	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 532{,}6 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000193$
5. . . .	478,12	116,690	55791,9	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 478{,}1 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000192$
6 . . .	423,74	131,810	55853,1	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 423{,}7 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000194$
7. . . .	371,56	150,406	55884,9	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 371{,}6 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000180$
8. . . .	318,28	175,715	55926,7	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 318{,}3 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000174$
9 . . .	264,78	211,421	55980,1	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 264{,}8 \end{matrix} \right\} = 0{,}0000175$
10 . .	213,60	262,724	56117,8	$a \left\{ \begin{matrix} 703{,}2 \\ 213{,}6 \end{matrix} \right\} = (0{,}0000206)?$

Deuxième expérience.

NUMÉROS des mesures	P corrigé.	V corrigé.	P. V.	a en millimètres.
1 . . .	761,38	44,893	34180,6	
2 . . .	747,65	45,713	34177,3	$a \left\{ \begin{matrix} 761,4 \\ 413,9 \end{matrix} \right\} = 0,00001677$
3. . . .	730,26	46,821	34191,5	
4 . . .	413,88	83,070	34381,0	$a \left\{ \begin{matrix} 747,6 \\ 382,5 \end{matrix} \right\} = 0,00001759$
5 . . .	382,49	89,932	34398,1	
6. . . .	366,30	93,932	34407,3	$a \left\{ \begin{matrix} 730,3 \\ 366,3 \end{matrix} \right\} = 0,00001723$

Troisième expérience.

NUMÉROS des mesures.	P corrigé.	V corrigé.	P. V.	a en millimètres.
1 . . .	775,82	48,453	37590,9	
2. . . .	763,48	49,266	37613,6	$a \left\{ \begin{matrix} 775,8 \\ 395,8 \end{matrix} \right\} = 0,00001796$
3. . . .	749,80	50,178	37623,5	
4 . .	395,83	95,621	37849,7	$a \left\{ \begin{matrix} 763,5 \\ 377,5 \end{matrix} \right\} = 0,00001735$
5 . . .	377,49	100,313	37867,2	
6 . . .	356,81	106,164	37880,4	$a \left\{ \begin{matrix} 749,8 \\ 356,8 \end{matrix} \right\} = 0,00001726$

Dans ces tableaux, P corrigé désigne la pression ramenée à 0° en employant le coefficient 0,000172, différence entre celui du mercure du baromètre (0,000181) et celui du verre de l'échelle (0,000009). V corrigé désigne le volume affecté d'une légère correction pour ramener le volume de l'espace nuisible du baromètre à 0°. a désigne l'écart à la loi de Mariotte de l'hydrogène sélénié, exprimé en millimètres et calculé par la formule

$$a_{p_2}^{p_1} = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{(p_1 - p_2)(p_2 v_2)}.$$

De la première expérience, on déduit aisément la valeur du coefficient d'écart par millimètre, pour des pressions assez voisines des pressions de fermeture des ballons :

$$a = 0{,}000019.$$

Introduisant ce chiffre dans les calculs précédents, nous obtenons la valeur du litre normal non affecté de la correction de gravitation.

Ces chiffres sont donnés dans les tableaux des densités sous Lc''. Ils sont obtenus par la formule

$$Lc'' = Lc'(1 + C)$$
$$C = (760 - P)0{,}000019,$$

où P désigne la pression de fermeture des ballons, exprimée en millimètres et réduite à 0°.

On voit que la moyenne générale de tous les essais est 3,6715 et que l'écart maximum avec la moyenne ne dépasse pas $^3/_{10000}$.

Le poids moléculaire de l'hydrogène sélénié se calculera par la formule

$$M = \frac{32 L (1 - A_0^1)}{L'(1 - A'^1_0)},$$

où L et L' désignent le poids du litre corrigé, respectivement d'hydrogène sélénié et d'oxygène, déterminé dans les mêmes conditions, et A_0^1 et A'^1_0 les coefficients d'écart à la loi de Mariotte de ces deux gaz entre une atmosphère et zéro.

Le coefficient d'écart à la loi de Mariotte pour l'hydrogène sélénié se déduit aisément des expériences de compressibilité, si l'on pose avec D. Berthelot (¹) :

$$A_0^1 = \frac{A_{0,5}^1}{1 + A_{0,5}^1}$$

Les deux dernières expériences de compressibilité ont d'ailleurs été conduites de manière à déterminer, avec le plus de rigueur possible, l'écart à la loi de Mariotte entre une atmosphère et une demi-atmosphère. D'après nos expériences, cet écart par millimètre prend les valeurs suivantes :

$$a_{0,5}^1 = 0{,}00001677$$
$$0{,}00001759$$
$$0{,}00001737$$
$$0{,}00001796$$
$$0{,}00001735$$
$$0{,}00001726$$
$$\text{moyenne} = 0{,}00001738.$$

En appliquant la formule de D. Berthelot, on trouve

$$A_0^1 = 0{,}01302.$$

Les autres éléments du calcul du poids moléculaire de l'hydrogène sélénié sont encore : le poids du litre d'oxygène et la compressibilité de ce gaz.

Nous avons cherché à déterminer la première de ces constantes pour pouvoir, dans le calcul du poids moléculaire, faire abstraction de la constante de gravitation à Louvain.

(¹) *Comptes rendus*, 144, 271, 1907. Dans ces formules, A représente l'écart de compressibilité par atmosphère, *a* l'écart par millimètre.

L'oxygène qui a servi à faire ces déterminations se prépare par l'action de la chaleur sur le permanganate de potassium pur. Le gaz passe d'abord sur de la potasse caustique pulvérisée, puis sur du pentoxyde de phosphore, enfin sur de la mousse de platine chauffée aux environs de 200°. La mousse de platine a pour effet de décomposer les petites quantités d'ozone qui accompagnent toujours le gaz préparé de cette façon.

Le tableau suivant donne les résultats de ces déterminations de densité.

L*b* et L*c''* y ont les mêmes significations que dans le tableau des densités de l'hydrogène sélénié.

Ballon 1.

NUMÉROS des remplissages	PRESSION de fermeture à 0°.	POIDS du gaz.	L*b*.	L*c''*.
1	763,22	0,58943	1,42946	1,42941
2	769,72	1,59457	1,42974	1,42969

Ballon 2.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture à 0°.	POIDS du gaz.	L*b*.	L*c''*.
1	763,22	0,72308	1,42983	1 42977
2	769,72	0,72901	1,42938	1,42932
3	772,63	0,73171	1,42927	1,42921

Ballon 3.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture à 0°.	POIDS du gaz.	L*b*	L*c''*.
1 .	763,22	0,86636	1,42940	1,42933
2	769,72	0,87370	1,42933	1,42926

Ballon 4.

NUMÉROS des remplissages.	PRESSION de fermeture à 0°.	POIDS du gaz.	L*b*.	L*c''*.
1	763,22	1,44542	1,42946	1,42942
2	769,72	1,45815	1,42984	1,42980
3	772,63	1,46346	1,42970	1,42966

La moyenne de tous les essais est donc

$$1,4295;$$

l'écart maximum avec la moyenne est

$$\frac{2,1}{10000}.$$

Des données expérimentales que nous avons acquises, c'est-à-dire de la densité de l'hydrogène sélénié et de l'oxygène à Louvain, ainsi que de la compressibilité de l'hydrogène sélénié, et de la compressibilité de l'oxygène, qui est bien connue, nous pouvons déduire le poids moléculaire de l'hydrogène sélénié et le poids atomique du sélénium.

Nous poserons

$$M = \frac{3,6715 \times 0,98698}{1,4295 \times 0,99904} \cdot 32 = 81,196.$$

D'où l'on déduit comme poids atomique du sélénium la valeur

79,18.

Conclusions.

1. Les déterminations de densité de l'hydrogène sélénié et de l'oxygène, effectuées par la méthode des ballons, conduisent aux résultats suivants :

Poids du litre d'hydrogène sélénié à Louvain, non affecté de la correction de gravitation :

3,6715.

Poids du litre d'oxygène non affecté de la correction de gravitation :

1,4295.

2. Les déterminations de compressibilité de l'hydrogène sélénié conduisent à donner au coefficient d'écart à la loi de Mariotte, entre une atmosphère et zéro, la valeur

$$A_0^1 = 0,01302.$$

3. Le poids atomique du sélénium, déduit du poids moléculaire de l'hydrogène sélénié, calculé par la méthode des densités limites, est

79,18.

Géologie. — **L'or en Ardenne,**

par H. DE RAUW, assistant de géologie à l'Université de Liége (1).

J'ai l'honneur d'annoncer à l'Académie que dans le courant de cette année, j'ai découvert de l'or dans les alluvions de certaines rivières d'Ardenne. La région aurifère s'étend en Allemagne depuis Weismes jusque Poteau, frontière belge, et en Belgique depuis Poteau jusqu'au plateau de la Baraque de Fraiture. La partie allemande était déjà connue, mais la présence de l'or en Belgique n'avait pas, jusqu'ici, été démontrée.

Je présente à l'Académie un tube scellé contenant une certaine quantité de métal provenant des travaux de recherches que j'ai effectués sur le sol belge.

Jusque maintenant cette découverte ne présente qu'un intérêt purement scientifique.

Tous les renseignements y relatifs feront l'objet d'une prochaine communication à la Société géologique de Belgique.

---

(1) Présenté par M. Max Lohest.

* * *

CLASSE DES SCIENCES

Séance du 16 décembre 1912.

M. Ch. Francotte, directeur, président de l'Académie.
M. A. Rutot, membre, secrétaire perpétuel ff.

Sont présents : MM. A. Jorissen, *vice-directeur;* C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Alf. Gilkinet, M. Mourlon, P. Mansion, P. De Heen, C. le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, Léon Fredericq, J. Neuberg, C. Vanlair, P. Pelseneer, A. Gravis, A. Lameere, G. Cesàro, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, Al. de Hemptinne et V. Willem, *membres;* P. Stroobant, J.-E. Verschaffelt, L. Dollo, Ch. Julin, G. Lecointe et Émile Marchal, *correspondants.*

Absence motivée : M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel.

CORRESPONDANCE.

Par une lettre du Palais, le Roi fait exprimer ses regrets de ne pouvoir assister à la séance publique.

— M. le Ministre des Sciences et des Arts remercie pour l'invitation à la même cérémonie.

— MM. Stroobant, Boulvin et Arthus remercient pour les prix qui leur ont été décernés.

— La Commission administrative de l'Institut international de physique Solvay transmet à l'Académie les statuts de l'Institut ainsi que les dispositions arrêtées pour l'octroi de subsides au cours de l'exercice 1912-1913.

— Le Comité organisateur du X^e^ Congrès international d'agriculture, qui se tiendra à Gand en 1913, envoie les diverses communications relatives à ce congrès.

— M. Arthur Schuster, président du Comité de l'Union internationale pour les recherches solaires, remercie la Classe de son adhésion à l'Union et demande, conformément aux statuts, la nomination d'une commission et d'un délégué au Comité international. — Cet objet sera porté à l'ordre du jour de la prochaine séance.

— M. J. De Koninck, géomètre à Anderlecht, soumet à l'examen un mémoire intitulé : *Construire un carré équivalent à un cercle donné au moyen de la règle et du compas.* — Dépôt aux archives.

— Hommages d'ouvrages :

Savants du jour : Armand Gautier; par Ernest Lebon (présenté par M. Neuberg, avec une note qui figure ci-après).

Cours de chimie organique, 2^e édition; par Frédéric Swarts (présenté par M. Jorissen, avec une note qui figure ci-après).

Les progrès récents de l'astronomie; v. 1911; par Paul Stroobant.

— Remerciements.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

M. Ernest Lebon, lauréat de l'Institut de France, fait hommage à l'Académie royale de Belgique du sixième volume de sa précieuse publication : *Savants du jour*. Les quatre premiers volumes retracent les glorieuses carrières des géomètres Henri Poincaré, Gaston Darboux, Émile Picard, Paul Appell; le cinquième, celle du physicien Gabriel Lippmann. Cette fois, l'auteur nous donne la biographie et la bibliographie analytique des écrits d'Armand Gautier, notre associé.

Comme précédemment, il ne se contente pas de quelques dates et d'une simple énumération des travaux de cet éminent chimiste, mais il nous fait assister aux progrès incessants de la science en indiquant les liens qui rattachent ces travaux aux recherches de même ordre qui les ont précédés ou suivis de près.

Il est à souhaiter qu'il soit donné à M. Lebon de poursuivre son œuvre si intéressante et si utile.

J. Neuberg.

Cours de chimie organique; par Fréd. Swarts, professeur à l'Université de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique, 2e édition, revue et augmentée.

Sous ce titre, notre savant confrère M. Swarts publie un exposé méthodique de la science dont l'enseignement lui est confié.

Cet ouvrage est rédigé d'après les données scientifiques les plus récentes, et le plan adopté par l'auteur lui permet d'initier progressivement le lecteur aux développements théoriques que comporte le sujet et à mesure que la description des diverses séries de composés organiques lui en fournit l'occasion.

Nous rappellerons que le cours de chimie générale de M. Swarts a été traduit en langue allemande et que cette traduction a reçu chez nos voisins un accueil des plus flatteurs. Ce succès nous dispense d'insister sur les mérites de la nouvelle édition revue et augmentée dont notre confrère fait hommage à l'Académie. A. Jorissen.

RAPPORTS.

Sur les rapports de MM. Mansion et le Paige, la Classe décide l'impression dans le recueil des *Mémoires* in-4° du travail de M. Lecat : *Sur la multiplication des déterminants à plusieurs dimensions*.

ÉLECTIONS.

La Classe se constitue en comité secret pour procéder aux élections aux places vacantes.

Sont élus :

Section des sciences mathématiques et physiques :

Correspondant : M. E. van Aubel, professeur à l'Université de Gand.

Associé : M. David Hilbert, professeur à l'Université de Goettingue.

Section des sciences naturelles :

Correspondant : M. Pierre Nolf, chargé de cours à l'Université de Liége.

Associé : M. W. Bateson, professeur à l'Université de Cambridge.

PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE.

Conformément à l'article 17 du règlement, MM. Francotte et Massart donnent connaissance de leurs lectures destinées à la séance publique.

CLASSE DES SCIENCES

Séance publique du 17 décembre 1912.

M. Charles Francotte, directeur, président de l'Académie.

M. A. Rutot, membre titulaire, ff. de secrétaire perpétuel.

Prennent également place au bureau : MM. Maurice Wilmotte, directeur de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques, et A. Jorissen, vice-directeur de la Classe des sciences.

Sont présents : MM. C. Malaise, Ch. Van Bambeke, Michel Mourlon, P. De Heen, Léon Fredericq, J. Neuberg, Paul Pelseneer, A. Lameere, Ch.-J. de la Vallée Poussin, Max. Lohest, F. Swarts, J. Massart, A. Demoulin, Al. de Hemptinne et Victor Willem, *membres;* P. Stroobant, G. Lecointe, Émile Marchal et Ch. Julin, *correspondants.*

Assistent à la séance :

Classe des lettres et des sciences morales et politiques. — MM. Ernest Discailles, Victor Brants, J. Lameere, *membres;*

Classe des beaux-arts. — MM. G. De Groot, J. Winders, Émile Mathieu, L. Solvay et Louis Lenain, *membres.*

Absences motivées : M. le chevalier Edmond Marchal, secrétaire perpétuel, et Ernest Gossart, membre de la Classe des lettres.

Le troisième œil chez les vertébrés;

discours par CH. FRANCOTTE, directeur de la Classe, président de l'Académie.

Depuis vingt-cinq ans, une transformation graduelle, très heureuse à notre sens, s'est réalisée dans l'allure que les Directeurs de la Classe des sciences ont imprimée à l'allocution qu'il est de tradition de prononcer à la séance de décembre : le solennel discours académique est devenu peu à peu une conférence ayant pour but pratique de vulgariser l'une ou l'autre des questions scientifiques pouvant intéresser le public éclairé qui nous fait l'honneur d'assister à cette réunion. N'est-il pas logique et raisonnable que nos invités puissent nous comprendre et s'assimiler ce que nous désirons leur exposer, et que nous fassions un effort dans ce sens?

Il nous est agréable de rappeler que c'est notre doyen d'âge, notre excellent et savant confrère M. Van Bambeke, qui le premier apporta ici des planches murales (1). Puis vint notre confrère M. L. Fredericq, qui, à l'aide de multiples sujets de démonstration, rendit si objectif et si instructif son excellent discours concernant *la Faune et la Flore glaciaire de la Baraque Michel*, qu'il prononça à la séance du 16 décembre 1904 (2). Dans les mêmes circonstances, notre confrère M. Pelseneer interpréta de nombreuses cartes de géographie (3).

Notre très regretté confrère M. Fraipont nous donna une idée de ce qu'était l'Okapi, en s'aidant d'excellents tableaux représentant cet animal (1).

---

(1) CH. VAN BAMBEKE, Les matériaux de l'organisme humain. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e sér., t. XXVI. Séance du 16 décembre 1893.)

(2) L. FREDERICQ, La Faune et la Flore glaciaire du plateau de la Baraque Michel. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1904, n° 12. Séance publique du 16 décembre 1904.)

(3) P. PELSENEER, L'origine des animaux d'eau douce. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1905, n° 12. Séance publique du 16 décembre 1905.)

Disons encore que le désir de vulgariser la Science existe parmi les membres de la section des Sciences physiques et mathématiques, et pour ne citer qu'un exemple, nous rappellerons que notre confrère M. Mansion exposa d'une façon lumineuse les rudiments du calcul des probabilités, tâche ardue s'il en fût (2).

Entraîné dans la voie tracée par nos honorables prédécesseurs et suivant le sillon creusé par eux, nous apportons aujourd'hui la lanterne magique. Nous ne doutons pas que vous ferez bon accueil à cette innovation qui nous semble venir à son heure.

Nous avions même pensé au cinéma, instrument avec lequel nous aurions résolu sous vos yeux un point important faisant l'objet de nos études habituelles ; mais, d'une part, le mauvais temps qui sévit au mois d'août dernier, au moment où le matériel pouvait être récolté, et, d'autre part, la crainte de dépasser ce qu'il est possible d'organiser dans une telle séance nous ont obligé de renoncer à ce projet.

Un mot concernant le choix de notre sujet. Il y a trente ans à peine, l'épiphyse — la glande pinéale d'alors — dans laquelle Descarte, en désespoir de cause, logeait l'âme, était considérée comme un organe énigmatique. On en était cependant arrivé à penser que cette *glande sanguine* pourrait bien représenter un organe rudimentaire qui aurait existé à l'état parfait chez les vertébrés disparus.

En 1882, Rabl-Ruckart établissait que l'épiphyse prend naissance comme une vésicule oculaire primitive et que, par conséquent, il y avait lieu de croire que cet organe était le rudiment d'un œil impair ayant existé chez les ancêtres des vertébrés actuels.

---

(1) FRAIPONT, L'Okapi. ses affinités avec les Giraffidés vivan *de l'Acad. roy. de Belgique*, 1908, n° 12. Séance du 16 déc

(2) P. MANSION, Sur la portée objective du calcul des prob *roy. de Belgique*, 1903, n° 12. Séance du 16 décembre 1904.

Dans un travail, paru en 1883, concernant le cerveau de *Petromyzon*, Alhborn, qui n'avait pas eu connaissance des travaux de Rabl-Ruckart, concluait aussi en affirmant que la vraie signification de la glande pinéale était de représenter un œil impair à l'état de rudiment.

Au grand étonnement du monde scientifique, de Graaf, d'Utrecht, annonçait, dans l'*Anatomischer Anzeiger* du 29 mars 1886, que *chez l'orvet il existe un troisième œil dérivé de la glande pinéale.*

L'hypothèse de Rabl-Ruckart et Alhborn, à savoir que la glande pinéale représente bien un troisième œil, était vérifiée par l'observation directe. Constatons, chose importante et qui doit éveiller dans vos esprits un vif intérêt, en même temps qu'une légitime curiosité, que, par simple induction embryologique, l'existence d'un organe jusqu'alors inconnu avait été prévue, avec une très grande sûreté de raisonnement, avant la découverte même de cet organe. Vous comprendrez dès maintenant l'importance que notre sujet présente au point de vue des recherches et des moyens d'investigation scientifique, comme au point de vue des conclusions à en tirer à l'appui de la phylogénèse.

Les organes dont nous allons parler faisant partie du système nerveux, quelques notions bénévoles concernant l'embryologie de ce système sont nécessaires à l'intelligence de notre sujet.

Il arrive un moment, dans le développement de tous les vertébrés, que l'embryon est constitué par trois couches cellulaires superposées (feuillets germinatifs) appelées respectivement *feuillet supérieur* (ectoblaste), feuillet moyen (mésoblaste) et feuillet inférieur (endoblaste).

Sur la *ligne médiane*, une bande axiale et dorsale, appelée *plaque médullaire*, se différencie dans le feuillet supérieur, la plus grande partie du reste formant l'épiderme de l'être en formation. Aux dépens de cette plaque médullaire, il se forme une gouttière, un sillon (sillon dorsal); par le rapprochement des bords de ce sillon (lames médullaires), il se constitue un tube qui se ferme d'avant en arrière. Puis, le tube nerveux se renfle en avant et forme, par des étranglements transversaux, d'abord deux, puis trois vésicules. Celles-ci portent respectivement le nom de :

Vésicule cérébrale antérieure primitive *a-b*;
Vésicule cérébrale moyenne primitive *c*;
Vésicule cérébrale postérieure primitive *d-e*.

La vésicule antérieure, par une nouvelle constriction transverse, se divise pour former l'ébauche du cerveau antérieur *a* et du cerveau intermédiaire *b*. La vésicule cérébrale primitive postérieure forme à son tour l'ébauche du cerveau pénultième et du cerveau postérieur en se divisant également par un sillon transverse, comme la vésicule primitive antérieure s'était divisée. En résumé, nous nous trouvons en présence des cinq ébauches des cerveaux antérieur, intermédiaire, moyen, pénultième et postérieur.

L'image de quelques embryons de poulet que nous allons faire apparaître vont rendre tangible ce que nous venons de vous exposer. Voici un embryon de poulet de trente-deux heures de couvaison (pl. I, 1) : vous voyez là le sillon médullaire *sm* non encore clos dans la plus grande partie de son étendue; il montre d'une façon exagérée la gouttière médulaire : en avant, vous l'avez deviné, vous voyez les trois renflements, les trois vésicules cérébrales primitives *ab*, *c* et *d* dont nous venons de vous parler.

Voici la photographie d'un embryon de trente-neuf à quarante heures qui présente (pl. I, 2) à considérer (vue ventrale) les ébauches des cerveaux antérieur *a*, intermédiaire *b*, moyen *c*, pénultième *d* et postérieur *e*. En certain point, on peut constater sur la ligne médiane l'existence de la corde dorsale, ébauche de la colonne vertébrale. Elle s'avance jusque sous le cerveau moyen. Remarquez que le cerveau intermédiaire pousse deux grosses évaginations latérales qui viennent en contact avec l'épiderme. Ces évaginations constituent les rudiments des yeux pairs : ce sont ce que l'on appelle les deux *vésicules oculaires primitives*.

Les renseignements que nous a donnés cet embryon vu en masse ne nous suffisent pas; aussi, nous allons le couper en fines tranches et nous allons vous faire voir deux coupes que nous avons ainsi obtenues. Elles sont parallèles à la face ventrale et elles sont prises à deux niveaux différents; elles n'intéressent que la tête.

La première coupe (pl. II, 3), qui est plus dorsale, montre les cerveaux antérieur et intermédiaire *a b* non encore différenciés vers le haut; puis vient le cerveau moyen *c* dont la cavité *aq* est l'*aqueduc de Sylvius;* font suite les cerveaux pénultième *d* et postérieur *e*; remarquons en passant deux fossettes *au*, premières ébauches de l'oreille interne qui se constituent aux dépens de l'épiderme embryonnaire (épiblaste).

La seconde coupe (pl. II, 4) entame seulement le cerveau antérieur *a* et le cerveau intermédiaire *b* qui se différencient l'un de l'autre à un niveau plus bas. Ce qu'il importe pour nous, pour le moment, c'est de bien étudier ces deux expansions, ces deux évaginations *o* qui naissent des parois du cerveau intermédiaire. Ce sont les deux vésicules oculaires primitives. Les yeux latéraux naîtront de ces vésicules, comme nous le verrons par la suite. Les cavités de ces dernières sont en communication avec le troisième ventricule v^3, cavité du cerveau intermédiaire *b*. Leur paroi antérieure vient en contact avec l'épiderme à l'endroit où se constituera le cristallin. En passant, notons la présence du neuropore antérieur *n* qui fait communiquer, en avant, le système nerveux avec l'extérieur. Il n'a aucun rapport avec la glande pinéale, comme on l'avait pensé d'abord. Il résulte de la comparaison des coupes qui précèdent que les cerveaux antérieur et intermédiaire s'infléchissent en avant (côté ventral), le point d'appui de la flexion étant le plancher du cerveau moyen au niveau de l'extrémité antérieure de la corde dorsale (rudiment de la colonne vertébrale). Cette courbure est appelée flexion cranienne; elle produit un pli dans le plancher du cerveau moyen que l'on verra sur toutes les photographies de coupes sagittales que nous aurons l'occasion d'étudier par la suite.

Un embryon (pl. II, 5) entier de quarante-huit heures va nous montrer la flexion cranienne de plus en plus accentuée, en même temps que tous les détails que nous avons étudiés sur la photographie précédente, mais plus prononcés ; on remarquera surtout les vésicules oculaires primitives bien différenciées.

Analysons maintenant une coupe sagittale passant par le plan médian d'un poulet de trois jours de couvaison (pl. III, 6). Le cerveau moyen *c* est maintenant prédominant; il occupe actuellement le sommet de l'angle de la flexion cranienne. Le toit constitue les lobes optiques ou tubercules bijumeaux; le plancher plissé qui contourne en haut le pilier moyen du crâne *nt* forme les pédoncules cérébraux ; la cavité est l'aqueduc de Sylvius *aq*, qui fait communiquer le troisième ventricule v^3 avec le quatrième v^4. Puis vient le cerveau intermédiaire *b*, celui qui nous intéresse le plus et dont le toit, aminci en avant, porte en arrière une évagination *oe*. Celle-ci débouche dans le troisième ventricule ; c'est le premier rudiment de la glande pinéale d'autrefois, de l'épiphyse, disons des organes pariéto-épiphysaires ; c'est, comme vous le constatez, une véritable vésicule oculaire primitive ; en cette qualité, elle n'est que quantitativement plus petite que celles qui doivent former les yeux latéraux et dont nous avons parlé tout à l'heure avec quelques détails. Les organes que nous venons de décrire se trouvent placés immédiatement en avant de la commissure postérieure *p*, qui se différencie à la limite des cerveaux intermédiaire *b* et moyen *c*.

En bas, voici le cerveau antérieur *a* avec les ventricules latéraux v^2 non encore différenciés.

La photographie (pl. III, 7) qui apparaît maintenant sur l'écran représente l'image d'une coupe médiane d'un poulet de quatre jours et demi de couvaison. Le cerveau intermédiaire, celui qui nous intéresse le plus, nous le répétons, est maintenant individualisé par la formation de deux scissures produites par le *tissu conjonctif embryonnaire;* l'une, *m*, limitant en avant le cerveau antérieur *a;* l'autre, à l'arrière, *n*, limitant le cerveau moyen *c*, le cerveau intermédiaire *b* se trouvant donc entre les deux scissures. Dans le toit du cerveau intermédiaire, nous découvrons la digitation épiphysaire *oe*, qui n'était qu'ébauchée sur l'embryon qui a précédé. Au pied de la digitation, en arrière, se voit la commissure postérieure *p*, qui est maintenant très bien définie.

Nous verrons, par la suite, que chez l'orvet, chez le lézard vivipare et chez le lézard des murailles, comme aussi chez d'autres lacertiliens, entre la commissure postérieure et la commissure supérieure, au lieu d'une seule digitation épiphysaire, il s'en produit deux; la première, placée en avant, devient l'œil pariétal, et la seconde, la tige épiphysaire. Nous pouvons conclure dès maintenant que l'épiphyse *oe* des oiseaux représente, confondues en une seule digitation, les deux évaginations ébauches des organes pariéto-épiphysaires. Dans la suite de l'évolution, ces organes devenant inutiles, les forces naturelles semblent employer tous les moyens imaginables pour les faire disparaître. L'un des moyens mis en œuvre consiste A CONFONDRE EN UN TOUT les deux évaginations et à troubler ainsi, dès les débuts, le développement des organes qui sont devenus inutiles. Il se produit alors ce que nous appellerons une *régression morphologique*. Disons, pour ne plus revenir sur la description de la glande pinéale des oiseaux, que chez ces animaux la digitation pariéto-épiphysaire ne tarde pas à fournir un grand nombre de tubes communiquant avec la tige primitive.

Nous considérons aussi cette transformation comme une autre régression morphologique, parce qu'elle éloigne également l'organe qui en est affecté de sa destination primitive.

Il se constitue ainsi ce qu'on appelle une *glande sanguine*, à fonction inconnue, pour autant qu'elle ait acquis une fonction nouvelle. C'est réellement, pour le morphologiste, un *organe rudimentaire*, dernier vestige des deux yeux pariétaux, actuellement disparus chez ces animaux.

Étudions maintenant les organes pariéto-épiphysaires chez l'orvet (*Anguis fragilis*). Nous allons faire apparaître successivement sur l'écran trois microphotographies de coupes sagittales d'un même embryon. Les projections qui ont précédé nous ont familiarisés avec les différentes parties du cerveau. Nous ne nous arrêtons plus ni à les décrire, ni à les montrer; les figures d'ensemble sont d'ailleurs morphologiquement semblables. Nous découvrons (pl. IV, 8), dans le toit du cerveau antérieur, la digitation *o* épiphysaire dans la même situation que chez le poulet; toutefois, immédiatement en arrière de cette digitation, nous voyons une toute petite évagination *e* en avant de la commissure postérieure. Elle vous apparaîtra à ce grossissement quelque peu minime. Pour permettre une analyse complète, nous l'amplifierons tout à l'heure. Mais dès maintenant vous constatez que la longue digitation *o* est tout à fait indépendante de la petite évagination *e*. C'est cette longue digitation qui va constituer l'œil pariétal. La petite évagination est le rudiment de l'œil épiphysaire, tige épiphysaire ou partie proximale des anciens auteurs.

Sur la seconde coupe générale (pl. IV, 9) de l'embryon, nous n'apercevons plus que la paroi légèrement entamée des organes pariéto-épiphysaires. A la limite du cerveau intermédiaire et du cerveau antérieur, un autre organe est également entamé. C'est la paraphyse *s*. Sur la troisième coupe (pl. V, 10), la paraphyse *s* apparaît, elle aussi, comme une vésicule oculaire primitive; ce nouvel organe, nous l'avons décrit et figuré, pour la première fois dans notre travail de 1888, comme une formation nouvelle. Selenka, en 1890, lui a donné le nom de paraphyse. Nous reviendrons par la suite avec plus de détails sur ce sujet.

Reprenons l'étude des organes pariéto-épiphysaires et amplifions les fortement (pl. V, 11). Il ne nous restera plus de doute maintenant; les deux évaginations *o* et *e* sont tout à fait indépendantes l'une de l'autre; les deux cavités débouchent séparément dans le troisième ventricule; il n'y a aucune confusion entre les deux formations; elles sont bien séparées et nettement individualisées. Elles ont d'ailleurs chacune la valeur morphologique d'une vésicule oculaire primitive ; ce sont les rudiments des deux yeux pariétaux.

Sur un autre embryon d'orvet (pl. VI, 12), un peu plus âgé que le précédent, la paroi supérieure de la digitation du futur œil pariétal *o* se soulevant vers le haut de l'évagination épiphysaire *e*, la paroi de celle-ci fait en quelque sorte un mouvement de charnière en s'appuyant sur la commissure postérieure ; en un mot, elle se rabat vers cette commissure à la manière d'un petit capuchon. Il arrive ainsi que les cavités *o* et *e* communiquent entre elles ; mais ce n'est que secondairement qu'elles acquièrent, par la transformation que nous venons de décrire, une embouchure commune et mitoyenne dans le troisième ventricule. Si l'on n'avait à sa disposition que des embryons correspondant au stade où nous sommes arrêtés, on croirait que la digitation primitive pariéto-épiphysaire est bien unique et que c'est par un étranglement, par une constriction annulaire, que les deux formations vont se séparer. C'est ce que les anciens auteurs et nous-même avons pensé primitivement.

La photographie 13 (pl. VI) nous permet d'apprécier ce fait que l'œil pariétal, d'abord en forme d'ellipsoïde, à grand diamètre allongé, prend successivement la forme globuleuse qu'il affectera pendant un certain temps.

Un examen comparatif des photographies 11, 12 et 13 permet de conclure que les cellules qui, primitivement, limitaient inférieurement la voûte du cerveau intermédiaire et la paroi inférieure de l'œil pariétal, se multipliant, appartiennent à la digitation pariétale ; elles forment secondairement la paroi intérieure de la tige épiphysaire. Ainsi chez l'orvet, cette tige ne dérive pas toute du petit diverticule *e* représenté dans les figures 11 et 12. La paroi postérieure seule de la tige épiphysaire dérive de ce diverticule, tandis que la paroi antérieure naît des cellules qui se trouvent à la limite du cerveau intermédiaire et de la paroi inférieure de la digitation.

Nous pensons que c'est là un mode de développement tout secondaire de la formation de la tige épiphysaire réalisé chez l'orvet. Primitivement, la tige épiphysaire naissait tout entière du diverticule postérieur. Si les choses se réalisent ainsi chez l'orvet, il est probable que c'est parce que le diverticule postérieur apparaît plus tardivement.

Un embryon encore plus âgé (pl. VI, 14) va nous permettre de constater comment les organes *o* et *e* transitoirement et secondairement unis se séparent.

L'évagination pariétale, disons une fois pour toutes l'*œil pariétal o* se raccourcit et devient globuleux, tandis que la tige épiphysaire *e* — *l'œil épiphysaire* — finit par y adhérer.

La paroi de l'œil pariétal prend la forme biconvexe ; c'est le futur cristallin ; le reste de la paroi constituera la rétine. Quant à la cavité, elle ne communique plus avec la tige épiphysaire. Tel est le mode de formation primitive et normale à grands traits esquissés des organes pariéto-épiphysaires.

Mais les phénomènes de formation des organes pariéto-épiphysaires ne se passent pas toujours comme nous venons de le décrire : il existe un autre type de développement que nous considérons comme tendant à réaliser la confusion des organes en un seul rudiment et que pour cette raison nous appelons *type régressif* en opposition avec le type que nous avons décrit antérieurement et que nous considérons comme normal.

Sur un embryon (pl. VI, 15) correspondant exactement au stade qui nous a donné les trois premières coupes d'orvet analysées (phot. 8, 9 et 10), la digitation pariétale est semblable à celle que nous avons étudiée antérieurement (phot. 11). Mais, remarquez-le bien, à l'arrière, il n'existe pas de petite évagination épiphysaire ; celle-ci manque complètement.

Comme nous l'avons fait précédemment, amplifions le toit du troisième ventricule (pl. VI, 16) et nous ne voyons pas la moindre trace de l'évagination épiphysaire. Voici une autre photographie (pl. VI, 17) d'un embryon du même âge ; ici encore, nous ne découvrons pas le moindre vestige de cette dernière évagination, qui est si nettement accusée sur la photographie 11. Il résulte de ce que nous venons d'étudier que nous nous trouvons en présence de dispositions semblables à celles que nous avons étudiées chez le poulet, disons chez les oiseaux.

La photographie 4 de notre travail de 1888 montre également des dispositions semblables.

Mais comment l'évagination épiphysaire va-t-elle se former ? Un embryon plus âgé du type régressif va résoudre l'énigme. Le groupe des trois clichés (pl. VI, 18, 19 et 20) est relatif à une même coupe antéro-postérieure (plan médian) représentée à trois grossissements différents. La photographie 19 figure l'ensemble de la tête de cet embryon ; elle permet l'étude des rapports topographiques des organes. La photographie 18 montre le toit du troisième ventricule et la photographie 20 les organes pariéto-épiphysaires fortement agrandis.

Dans le toit du cerveau intermédiaire (phot. 18 et 19), nous voyons l'évagination pariéto-épiphysaire *oe*. A première vue, elle apparaît assez semblable à celle du poulet de quatre jours et demi (pl. III, 7). Toutefois, nous remarquons, en arrière de la partie renflée *o*, qu'il existe un étranglement annulaire auquel fait suite l'évagination *e*; celle-ci débouche dans le troisième ventricule.

En passant, signalons la paraphyse *s* en forme d'évagination dépendant du toit du cerveau antérieur et placée à la limite de ce dernier cerveau et du cerveau intermédiaire.

Sur les photographies 19 et 20, nous constatons que l'appareil pariéto-épiphysaire est constitué par une partie antérieure *o* (partie distale des anciens auteurs) destinée à former l'œil pariétal et par une partie postérieure *e* (partie proximale) qui n'est autre que la future tige épiphysaire et qui semble dériver de la paroi supérieure d'une digitation primitivement unique. Ce n'est là qu'une apparence, car l'évagination *o* pariétale — l'œil pariétal — en se développant a entraîné avec lui la partie de la voûte du cerveau intermédiaire qui, placée en avant de la commissure postérieure, est destinée à former l'épiphyse. Entre le type régressif et le type normal, il n'y a que cette différence que dans celui-là la paroi de la voûte du cerveau destinée à la formation de la tige épiphysaire est portée en avant, entraînée qu'elle est par le développement trop rapide de l'œil pariétal.

Passons maintenant à un embryon un peu plus âgé et qui nous donne une coupe antéro-postérieure (plan médian) représentée par le groupe des trois clichés 21, 22 et 23 (pl. VII). La photographie 21, figurant la coupe de la tête entière, a été reproduite aux fins de montrer les rapports topographiques des organes que nous étudions. Les deux autres coupes (phot. 22 et 23) représentent la voûte du cerveau intermédiaire depuis la paraphyse *s* jusques et y compris la commissure postérieure. L'œil pariétal est nettement séparé de l'organe voisin, du rudiment de l'œil épiphysaire. L'une des coupes (phot. 23) montre déjà le cristallin différencié. Sur la photographie 22, on voit le creux de la tige épiphysaire communiquant avec le troisième ventricule; elle montre aussi la vésicule *s* formant la paraphyse qui débouche dans la cavité cérébrale. Enfin, est-il besoin de le dire, les trois photographies dont nous nous occupons à ce moment font connaître comment les rudiments de l'œil pariétal et de l'épiphyse, un moment unis, se séparent par une constriction annulaire.

Revenons un instant aux débuts du développement des organes pariéto-épiphysaires. Rappelons d'abord que nous avons reproduit dans notre travail de 1887 (fig. 3) et dans celui de 1888 (fig. 2) un cliché représentant une coupe sagittale (plan médian) d'un embryon d'orvet du même âge que ceux qui nous ont donné les photographies 8, 9, 10 et 15 de nos planches actuelles. Seulement ce cliché, qui date d'un quart de siècle, laissait à désirer sous le rapport de la fine mise au point; et puis, la reproduction en phototypie a laissé quelque peu à désirer, aussi certains détails sont-ils empâtés sur la plupart des planches. Nous avons cru devoir reprendre l'étude de cette ancienne série de coupes et nous représentons maintenant sous notre photographie 18bis (pl. VII), non plus la coupe répondant à nos figures 3 (1887) et 2 (1888), mais la coupe immédiatement voisine dans la série.

Une comparaison entre nos photographies 8, 15 et 18bis établira immédiatement qu'elles sont relatives à trois embryons du même âge. Si ces coupes étaient représentées à la même échelle, elles seraient, à peu de chose près, superposables dans toute leur étendue. Elles sont donc morphologiquement semblables.

Mais tandis que dans les photographies 8 et 15 la digitation pariétale est très allongée et aplatie, elle est au contraire globuleuse et surélevée dans la photographie 18bis; et cette surélévation a entraîné vers le haut l'évagination épiphysaire *e*. Les deux cavités des deux évaginations communiquent avec le troisième ventricule. On remarquera que, sur la photographie 8, l'ébauche *e* épiphysaire est relativement réduite : son diamètre antéro-postérieur n'est que le quart de celui de la digitation *o* pariétal ; dans le cas qui nous occupe, c'est-à-dire dans l'embryon répondant à la photographie 18bis, ce diamètre épiphysaire est les deux tiers de celui de la digitation pariétale. A notre sens, cet état de choses résulte du développement simultané des ébauches pariétale et épiphysaire, cette dernière ébauche apparaissant plus tardivement dans les deux embryons étudiés antérieurement (phot. 8 et 15). Il est évident que si cette simultanéité dans le développement s'accentuait encore et devenait plus concordant, le sillon qui sépare supérieurement les deux évaginations *o* et *e* serait de moins en moins accusé ; il arriverait ainsi qu'une seule évagination semblerait naître là où virtuellement il y en a deux. Nous pensons qu'il s'agit actuellement d'un type de formation des organes pariéto-épiphysaire mitoyen entre le type normal et le type régressif que nous avons décrits antérieurement.

Abandonnons quelques moments l'étude des yeux pariéto-épiphysaires chez l'orvet pour nous occuper du même sujet chez le lézard vivipare (*Lacerta vivipara*). Voici d'abord une coupe (pl. VIII, 24), à un fort grossissement, du toit du cerveau intermédiaire. Le stade correspond à celui du premier embryon d'orvet (phot. 8) étudié antérieurement. Vous constatez que les deux évaginations pariéto-épiphysaires *o* et *e* sont parfaitement indépendantes et qu'elles ont chacune la valeur morphologique d'une vésicule oculaire primitive. Le futur œil pariétal *o* s'accroît plus rapidement et, dans sa croissance, il soulève un peu l'évagination épiphysaire, sans toutefois produire aucune confusion en les deux organes qui se développent indépendamment. Cette dernière évagination épiphysaire était toute petite chez l'embryon d'orvet (phot. 8) morphologiquement semblable à celui du lézard qui nous occupe à ce moment.

Sur une coupe entière (pl. VII, 25) antéro-postérieure d'un embryon de lézard vivipare un peu plus âgé, vous découvrez les deux organes *o* et *e* très nettement individualisés. Agrandissons les deux organes (pl. VII, 26) et nous les voyons indépendants, formant deux vésicules oculaires primitives; si ces deux organes ont une communication commune avec le troisième ventricule, ce n'est que secondairement que cette disposition s'est réalisée.

Notons que l'œil pariétal offre déjà à considérer une paroi antérieure et supérieure en forme de lentille biconvexe, c'est le cristallin; le reste de la paroi de la cavité est la future rétine.

Si nous considérons, au point de vue morphologique, les deux ébauches *o* et *e* (pl. VII, 26), nous acquérons la conviction qu'elles s'équivalent : elles ont la même origine et elles se constituent, au point de vue embryologique, comme deux vésicules oculaires primitives ; elles ont aussi la même structure histologique. Si la vésicule pariétale *o* devient un œil, nous pouvons conclure que la vésicule *e* épiphysaire a la même dignité morphologique et représente aussi l'ébauche d'un œil.

Voici un second exemple des dispositions que nous venons d'étudier et que vous pouvez vous donner la satisfaction d'analyser vous-même sans que nous intervenions autrement que pour indiquer les organes en les nommant comme si nous lisions l'explication d'une planche (pl. VII, 27 et 28).

Chez le lézard vivipare comme chez l'orvet, il existe un type régressif dans lequel on pourrait croire qu'il se forme une évagination primitive, se divisant secondairement pour constituer l'œil pariétal et l'épiphyse. C'est ce que vous montre la coupe d'un embryon de cette espèce au même stade que les deux derniers (pl. VIII, 29).

En même temps que l'ébauche de la tige épiphysaire (œil épiphysaire) se creuse lentement dans le toit du troisième ventricule, l'œil pariétal s'est accru considérablement, entraînant l'organe voisin, et il semble bien ainsi qu'il se constitue une seule grande évagination, comme l'ont pensé les auteurs qui ont étudié ces organes dès le début (avant 1893). Comme nous l'avons fait tout à l'heure, amplifions cette dernière coupe (pl. VIII, 30). Vous constatez, somme toute, que toute l'anomalie se réduit à ceci : la portion de la paroi qui devait constituer l'épiphyse est entraînée secondairement par un développement relativement exagéré de l'œil pariétal. Si ce phénomène augmentait encore, tout le complexus pariéto-épiphysaire se réduirait en un seul cul-de-sac qui serait impuissant à constituer l'œil pariétal. Il est certain que cette tendance existe et chez l'orvet et chez le lézard vivipare. C'est ce que nous avons vu chez le poulet. C'est aussi ce qui arrive chez le gecko lacertien pourtant voisin des lézards.

Voici un groupe de deux photographies représentant, la première (pl. VIII, 31), la tête entière d'un embryon de gecko et, la seconde (phot. 32), la voûte du troisième ventricule, prises sur une même coupe antéro-postérieure (plan médian). L'étude de la photographie 31 montre que l'embryon dont il s'agit est à un stade morphologiquement à peu près semblable à ceux de lézard (phot. 25, 27, 29), d'orvet (8, 15 et 18$^{\text{bis}}$) et même de poulet (phot. 6).

D'abord remarquons que les deux appareils pariéto-épiphysaires se sont complètement confondus, sans qu'il y ait la moindre trace de séparation, en une seule digitation dont l'embouchure dans le troisième ventricule est comme pincée à la base. Toute la digitation est devenue globuleuse à telle enseigne qu'elle simule assez bien un œil pariétal en voie de formation; la paroi antérieure et supérieure est renflée; on dirait qu'elle va s'organiser en une lentille biconvexe, en un cristallin. Mais cette réminiscence du passé ne se réalisera pas : elle n'ira pas au delà de cette tentative, et l'organe s'allongera en un doigt de gant sans autre différenciation. Nous vous montrerons par la suite la coupe entière d'un jeune gecko au moment de la naissance; aucun autre phénomène de régression ne s'ajoute cependant pas, comme cela existe chez les oiseaux.

Analysons encore quelques photographies qui achèveront de fixer les idées concernant les débuts du développement des organes pariéto-épiphysaires.

La photographie 33 (pl. VIII) correspond à une coupe antéro-postérieure d'un embryon de lézard des murailles. Les deux organes *o* et *e* naissent de deux diverticules qui, entrés un moment et secondairement en connexion, sont sur le point de se séparer définitivement. Sur la photographie 34 (pl. VIII), qui est relative à un embryon de lézard vivipare, les mêmes détails se voient dans les mêmes conditions. L'œil pariétal vient de s'individualiser en perdant toute communication avec la cavité du diverticule épiphysaire *e* et, par conséquent, avec le troisième ventricule.

Les photographies 35 et 36 (pl. IX) figurent deux coupes antéro-postérieures d'un même embryon de lézard vivipare, mais un peu plus âgé que le précédent. Les dispositions que nous venons d'étudier se retrouvent; mais la séparation des deux organes *o* et *e* est plus complète.

Nous avons décrit plus haut les débuts et l'origine des organes pariéto-épiphysaires chez le lézard vivipare; nous avons vu comment se séparent ces organes dans le type normal. Il nous reste à achever la description des mêmes phénomènes dans le *type régressif*, description que nous avons d'ailleurs commencée en analysant les photographies 29 et 30. Les phénomènes se passent d'ailleurs d'une façon fort analogue à ce que nous avons vu chez l'orvet dans les mêmes circonstances (phot. 18, 19 et 20).

Nous allons maintenant interpréter le groupe des trois photographies 37, 38 et 39 (pl. IX) ; elles sont relatives à un embryon de lézard vivipare au même stade que ceux que nous avons représentés par nos photographies 25, 27 et 29 ; elles sont prises sur deux coupes antéro-postérieures voisines (plans médians) d'un même embryon.

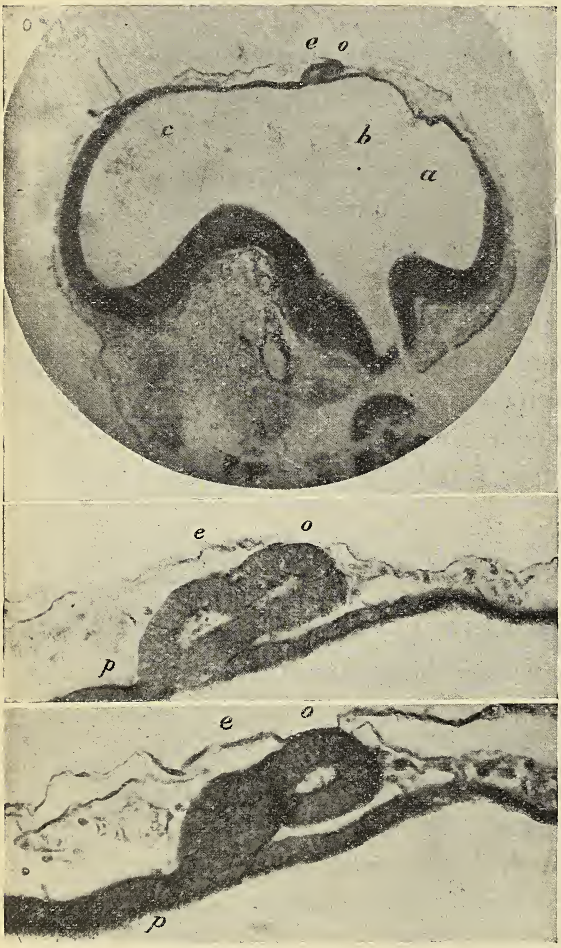


Fig. 37, 38 et 39.

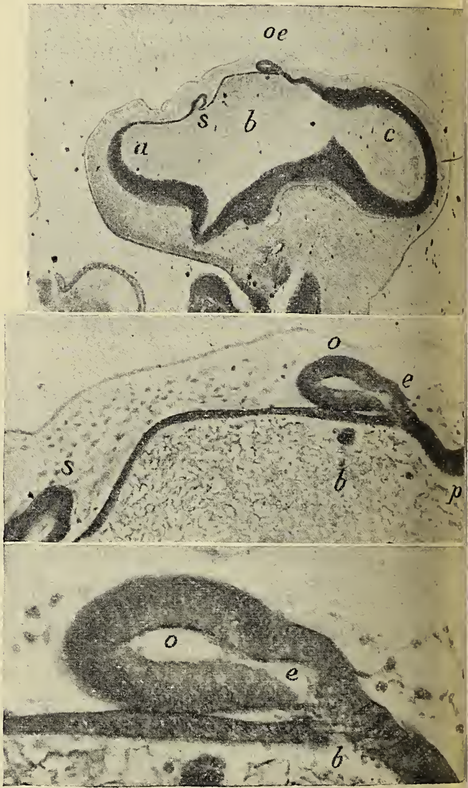


Fig. 18, 19 et 20.

La photographie 37 représente la coupe de la tête entière : elle est reproduite aux fins de donner une idée des relations topographiques entre les différents organes. Dans le toit du cerveau intermédiaire *b*, nous distinguons, en avant de la commissure postérieure, les deux organes *o* et *e*.

La photographie 38 est l'image agrandie des organes *o* et *e*, prise sur la même coupe. Elle montre très bien la constriction annulaire qui séparera bientôt complètement l'œil pariétal du diverticule épiphysaire. Ce dernier diverticule, qui dans le type normal se forme séparément, comme nous l'avons montré sur les photographies 25, 26, 27 et 28, s'est constitué ici en même temps que le diverticule pariétal (phot. 29 et 30).

Il se fait que si l'on n'avait à sa disposition, pour l'étude du développement de ces organes, que des embryons pareils à celui qui nous occupe actuellement, on pourrait conclure, comme on l'a d'ailleurs fait antérieurement, qu'une seule évagination initiale se produit d'abord; puis, que les organes *o* et *e* se séparent par la constriction annulaire si nettement figurée par nos photographies 37, 38 et 39. Il faut considérer l'évagination entière *eo* représentée par ces dernières photographies comme formée secondairement par le diverticule pariétal *o* qui a entraîné dans sa croissance très rapide le diverticule épiphysaire *e*; normalement ce dernier, nous le répétons, devrait se former indépendamment du diverticule *o*.

Remarquons, en passant, que les cellules du toit du cerveau intermédiaire *b*, qui siège à l'embouchure du troisième ventricule, entrent également dans la constitution de l'organe épiphysaire. La description que nous avons faite à ce propos pour l'orvet s'applique, dans ces circonstances, au lézard. Nous croyons inutile de la répéter ici.

La photographie 40 (pl. IX), relative à une coupe sagittale d'un embryon de lézard des murailles, montre comment l'œil pariétal s'est séparé de la tige épiphysaire et comment il vient se placer superficiellement au sommet de la tête.

Reprenons maintenant l'étude des organes pariéto-épiphysaires chez l'orvet, en étudiant une série de coupes antéro-postérieures d'un embryon recueilli le 3 juillet 1887 (phot. 41, 42, 43, 44 et 45).

La photographie 41 (pl. X), prise à un faible grossissement, représente une coupe de la tête entière; elle montre les rapports des organes entre eux. La longueur de la tête, mesurée depuis l'extrémité nasale jusqu'à l'extrémité du cerveau moyen, est de 3 millimètres. L'axe des cerveaux antérieur (*a*), intermédiaire (*b*) et moyen (*c*) se trouve sur une même ligne droite, tandis que l'axe du cerveau postérieur (*d*) est perpendiculaire à cette ligne; le cerveau moyen proémine et offre, au sommet de la tête, une demi-sphère. Sur l'embryon vivant, avec un peu d'attention, on découvrait à l'œil nu les organes pariéto-épiphysaires sous forme d'un petit bourgeon hyalin.

Sur toute la série des cinq photographies dont il s'agit ici, on constate que des cellules mésenchymateuses se sont introduites entre l'œil pariétal et la tige épiphysaire, séparant ainsi les deux organes qui commencent à s'éloigner l'un de l'autre; toutefois, l'amas de grosses cellules provenant de la paroi inférieure de l'œil, et qui s'étaient placées dans l'angle formé entre la tige épiphysaire et le cerveau intermédiaire, représente encore la trace de l'union des deux organes actuellement individualisés; ce cordon, d'une part, est en contact avec l'œil, d'autre part, avec la voûte du cerveau intermédiaire où siège la commissure supérieure (*cs*).

Sur cette série de cinq photographies, on constate que des cellules mésenchymateuses se sont intercalées entre l'œil pariétal et la tige épiphysaire, et on voit aussi que les deux organes commencent à s'éloigner.

La série de coupes nous permet de suivre exactement le trajet du cordon cellulaire dont il s'agit plus haut. La figure 45 (pl. XI) montre une dizaine de cellules de ce dernier en contact avec l'œil pariétal qui, à ce moment, a la forme d'une coupe. Ces cellules adhèrent à la partie inférieure de la coupe par de fins prolongements.

Dans la figure 43 (pl. XI), à la base de l'œil pariétal (*o*), on découvre encore les cellules qui nous occupent; leur réunion constitue un court pédicule; enfin, sur des coupes voisines de celles que nous avons photographiées, ces cellules reposent sur la voûte du cerveau intermédiaire, différenciée en commissure supérieure (*habenula*). En résumé, en suivant les amas de cellules au stade figuré par les photographies 41, 42, 43, 44 et 45, prises sur le même embryon, on voit que ces cellules, d'une part, sont en relation avec la base de l'œil et, d'autre part, avec la commissure supérieure (*cs*). Nous estimons que le cordon ainsi constitué, et dont nous connaissons l'origine, est analogue aux pédicules primitifs des yeux pairs; toutefois, ce cordon n'est pas creux, mais plein. C'est ce cordon qui conduira les fibres nerveuses, celles-ci devant former par la suite le nerf optique pariétal.

L'examen des figures 44 et 45 (pl. XI) nous montre :

1° Que le cristallin est constitué par un plateau biconvexe en forme de lentille;

2° Que ce cristallin est en continuation directe avec la paroi de l'œil;

3° Qu'il est formé de deux ou trois rangées de cellules fusiformes portant des cils vibratiles vers la cavité interne;

4° Que le reste de la paroi de la cavité est formé de trois couches de cellules : *a*) des cellules à la périphérie qui sont globuleuses, à gros noyaux et délimitant l'œil, sauf à la partie inférieure, là où vient aboutir le cordon cellulaire dont il est question plus haut; *b*) une couche de cellules moins volumineuses, placées sur deux rangées; *c*) sur cette dernière couche repose une assise de cellules tournées vers la cavité; elles ont la forme de bâtonnets très bien délimités et dont les noyaux se trouvent vers la base; ces bâtonnets sont ciliés vers la cavité oculaire;

5° Que la tige épiphysaire est formée de trois couches cellulaires correspondant à la structure histologique que nous venons de faire connaître pour l'œil pariétal; la couche interne, formée de cellules affectant la forme de bâtonnets, est en tout comparable à la couche correspondante de l'œil pariétal.

Si, considérant la tige épiphysaire (phot. 44), vous imaginez que l'organe que vous voyez là se sépare du cerveau, en même temps, qu'il prenne la forme ovoïde, que sa partie supérieure se dispose en lentille, en un cristallin, le restant de la paroi formant la rétine, vous aurez un œil épiphysaire en tout pareil à l'œil pariétal. Ce parallélisme hypothétique entre ces deux organes repose et sur l'identité de structure et sur l'identité d'origine (ébauches semblables), ainsi que sur d'autres arguments que nous ferons valoir par la suite.

La tige épiphysaire se trouve rattachée à la voûte du cerveau intermédiaire en avant de la commissure postérieure, qui est très apparente. Sur les figures 42 et 43, cette commissure se montre immédiatement en arrière de l'épiphyse; elle est différenciée dans la partie supérieure de la voûte cérébrale à la limite du cerveau moyen et du cerveau intermédiaire. En avant de la tige épiphysaire (*e*), sur les deux photographies 44 et 45, on voit fort bien la commissure supérieure (*cs*) (*habenula*).

Quant à la paraphyse (*s*), l'examen des photographies 42 et 43 donne une idée exacte de l'accroissement considérable de cet organe. Elle se dirige en arrière vers l'œil pariétal; elle pousse dans le mésenchyme des tubes parfaitement limités et dont on voit les sections sur les figures.

Examinons maintenant, sur un embryon recueilli le 6 juillet 1887, l'état de l'œil pariétal et des organes connexes. Nous avons peu de chose à ajouter à la description de l'embryon du stade précédent quant aux signes extérieurs. L'embryon étant un peu plus développé, le cerveau moyen proémine moins, les tours de spire de la partie postérieure sont plus nombreux et plus serrés. L'œil pariétal se découvre maintenant beaucoup mieux à la loupe ou à l'œil nu.

Les photographies 46 et 47 (pl. XI) représentent encore des coupes antéro-postérieures dans la partie médiane. L'amplification est la même que pour le stade représenté par les photographies 42 et 43. On peut ainsi se faire une idée plus exacte des transformations qui se sont accomplies en dernier lieu. Par la comparaison des photographies 41, 42 et 43, d'une part, 46 et 47, d'autre part, nous constatons que l'œil pariétal s'est aplati ; tandis que dans le stade précédent il avait la forme d'une coupe (phot. 45), il a actuellement l'aspect d'une ellipsoïde de révolution dont la section longitudinale donnerait une ellipse. En se développant, l'œil pariétal produit sur le haut de la tête une proéminence à courbure prononcée.

Le cristallin est encore formé d'un plateau biconvexe à courbure interne plus accentuée. Les cellules qui le constituent sont fusiformes et ciliées vers la cavité. Elles sont rangées maintenant plus ou moins régulièrement sur trois assises.

La rétine est formée de trois couches de cellules semblables à celles que nous avons décrites sur l'embryon précédent. Dans l'ébauche du nerf optique pariétal, on aperçoit des fibres nerveuses plus distinctes que précédemment.

Les photographies 46 et 47 montrent encore que la voûte du cerveau intermédiaire, qui était presque plane et lisse au stade précédent, surtout sous l'œil pariétal, s'incurve dans le voisinage de l'épiphyse et de la paraphyse. La tige épiphysaire a également suivi cette flexion, et ces photographies nous la représentent comme ayant une direction parallèle à la voûte du troisième ventricule.

La paraphyse *s* a continué à creuser le mésenchyme, dans lequel elle s'est insinuée. La cavité principale débouche largement (phot. 46) dans le troisième ventricule. Le tube continu que forme la paraphyse et dont les sections se voient sur les photographies 46 et 47 est tapissé d'une seule couche de cellules plates.

Un embryon plus développé nous donne la coupe d'ensemble qui apparaît à ce moment (pl. XII, 48) et sur laquelle nous constatons notamment : 1° la diminution de la cavité du troisième ventricule *b*; 2° le développement de la paraphyse *s* en un long tube serpentant sous l'œil pariétal ; 3° l'existence du nerf optique pariétal (*n*). Agrandissons l'œil pariétal (phot. 49) pour montrer la structure du nerf. Nous le voyons constitué par de longues fibrilles nerveuses (*n*) aboutissant en bas à la tige épiphysaire. Cette figure ne montre pas leur aboutissement au cerveau, à la commissure supérieure (*habenula*). Les fibres nerveuses traversent la rétine en se dispersant en éventail dans celle-ci. C'est là une tout autre disposition que celle qui est réalisée dans les yeux latéraux; nous en parlerons par la suite. Dans la rétine, les fibres nerveuses se terminent dans les bâtonnets. Ceux-ci sont pigmentés aux extrémités tournées vers la cavité de l'œil. C'est sur le pigment que se forme l'image dans cette manière de petite chambre noire. Les bâtonnets de la rétine recueillent les impressions lumineuses. Celles-ci sont transmises au cerveau par le nerf optique pariétal, à l'aide des fibres nerveuses. C'est ainsi que les choses devraient se produire ; elles se produisent certainement chez l'embryon d'une manière diffuse; mais chez l'adulte, il n'y a plus, à moins d'exception, de nerf pariétal. Celui-ci a disparu, ne laissant chez certains individus que quelques linéaments du nerf. Toutefois, de-ci de-là, on peut rencontrer un orvet adulte possédant encore le nerf optique pariétal, celui-ci ayant échappé à la dégénérescence.

Voici un autre photogramme (pl. XI, 50) représentant encore une coupe antéro-postérieure de l'œil pariétal d'un embryon d'orvet du même âge que le précédent; cette image montre d'une façon très nette le nerf optique pariétal *n* pénétrant dans l'œil : les fibres nerveuses sont fort bien représentées. La capsule conjonctivale qui enveloppe l'œil est ici bien visible; on constate qu'elle se continue autour du nerf optique pariétal.

La coupe d'ensemble (pl. XIII, 51) d'un embryon bien près de naître nous montre un œil pariétal parfait qui sera analysé tout à l'heure à un plus fort grossissement. La tige épiphysaire forme un tube coudé; elle aboutit près de l'œil vers le haut; vers le bas, elle est en rapport avec le troisième ventricule. La paraphyse (*s*) s'est insinuée en un long tube contourné, sous la tige épiphysaire et sous l'œil pariétal. Le rétrécissement considérable du troisième ventricule v^3 et, enfin, l'arrivée du cerveau antérieur au-dessus du troisième ventricule sont des dispositions nouvellement réalisées dont il importe de tenir compte.

La comparaison, d'une part, entre les photographies 41, 42, 43, 46 et 47 et la photographie 51, d'autre part, est on ne peut plus instructive pour l'étude des transformations qui s'accomplissent dans la voûte du cerveau intermédiaire ; tandis que dans la première série de photographies la voûte du troisième ventricule est lisse, dans la photographie 51 on voit que cette voûte est plissée, et ce phénomène s'est réalisé au fur et à mesure que diminuait la cavité v^3 du cerveau intermédiaire. Ce plissement a produit des franges qui constituent les plexus choroïdes (*px*) du troisième ventricule. Entre ces plis se sont insinués du tissu conjonctif et des vaisseaux sanguins qui semblent refouler la couche unique de cellules (épendyme) tapissant à cet endroit la voûte cérébrale.

On ne peut confondre la paraphyse *s* avec les plexus choroïdes (*px*) ; ceux-ci résultent du plissement de la voûte du cerveau intermédiaire, comme nous venons de l'exposer, tandis que la paraphyse apparaît longtemps avant, sous forme de l'ébauche que nous avons décrite antérieurement. Elle fournit un long tube qui vient s'insinuer en rampant sous l'œil pariétal et sous l'épiphyse.

Étudions maintenant une coupe sagittale de l'œil pariétal d'un embryon au même stade que le précédent, en nous servant de la photographie 52 (pl. XIII), prise à un plus fort grossissement.

On observe au-dessus de l'organe, de dehors en dedans : 1° la couche cornée de l'épiderme ; 2° le derme vient ensuite ; il est formé de fibres transverses minces, puis de fibres longitudinales serrées les unes contre les autres. Enfin, on voit le tissu conjonctif embryonnaire formant la capsule conjonctivale de l'œil.

Le cristallin est une lentille biconvexe constituée de trois couches de hautes cellules à noyaux ovalaires ; vers la cavité de l'œil, les cellules du cristallin sont tapissées de cils vibratiles ; il est en continuité directe avec la rétine ; en un mot, entre ces deux formations, il n'y a pas de séparation nette.

La rétine comprend :

1° Une couche de bâtonnets tapissant la cavité de l'œil : vers leur base, ils possèdent des noyaux ovalaires; dans le cas qui nous occupe, le pigment qui existe à l'extrémité des bâtonnets a été dissout par nous, sans endommager la fine structure, et afin de pouvoir facilement étudier celle-ci;

2° Une couche cellulaire interne, formée d'éléments sphériques à noyaux ovalaires;

3° Une couche moléculaire interne, finement granuleuse, se colorant peu par les réactifs carminés, mais se teignant fortement par l'hématoxyline;

4° Une couche cellulaire externe, formée d'éléments volumineux à gros noyaux se colorant vivement par les réactifs.

Nous avons vu, en analysant la structure de l'œil pariétal, qu'il existait une couche moléculaire (3°) immédiatement concentrique à la couche (4°) de grosses cellules cuboïdes. L'aspect poussiéreux de cette couche moléculaire est produit par les sections des fibrilles nerveuses qui, arrivant du nerf optique pariétal, s'épanouissent après leur pénétration dans l'œil, puis ces fibrilles sont ensuite réunies dans la couche moléculaire avant de pénétrer dans les cellules et les bâtonnets.

Nous venons d'étudier une coupe longitudinale de l'œil pariétal. Considérons maintenant une coupe horizontale (pl. XIV, 53) au même stade (embryon de la même portée). Les couches 1, 2, 3 et 4 rappelées ci-dessus se distinguent fort bien; elles sont nettement limitées sur cette photographie. Mais ce qui est très instructif sur cette coupe, c'est la répartition du pigment dans les bâtonnets dirigés vers l'intérieur de l'œil, donc vers la lumière. A gauche et vers le bas, on peut découvrir plusieurs infiltrations de ce pigment jusque dans les fibrilles nerveuses. Les bâtonnets sont munis, comme nous l'avons vu antérieurement, de cils vibratiles.

Il serait intéressant de connaître aussi la structure de la tige épiphysaire à ce stade. Faisons-en des coupes vers la partie supérieure (pl. XIV, 54). Nous découvrons une première couche de cellules cuboïdes, puis une couche de cellules à noyaux plus petits et, enfin, tapissant l'intérieur de la cavité, une couche interne de bâtonnets à cils vibratiles flottant dans cette cavité. Une seule chose manque pour qu'il y ait identité de structure entre la paroi de la tige épiphysaire et la paroi de l'œil pariétal formant la rétine : c'est la couche moléculaire et la pigmentation de l'extrémité des bâtonnets. Les dispositions que nous venons d'exposer sont autant de preuves que l'épiphyse est bien un œil rudimentaire.

Voici encore une coupe entière (pl. XV, 55) de la tête d'un embryon très près de la naissance, qui présente, au point de vue topographique, un très haut intérêt. Nous l'analyserons dans son ensemble. Ce sont, à bien peu de chose près, les dispositions qui existent chez l'orvet adulte La coupe est faite presque sur le plan médian (antéro-postérieur). En avant, nous voyons le cerveau antérieur (*a*) avec un hémisphère creusé d'une des cavités v^2, donc d'un ventricule latéral; sur le plan médian, les hémisphères ne recouvrent que très peu le cerveau intermédiaire *b*; latéralement, le recouvrement est plus considérable. Dans le toit du cerveau intermédiaire (*b*), au-dessus du troisième ventricule (v^3), nous découvrons la paraphyse (*s*) qui est venue se loger sous l'œil et sous l'épiphyse; en haut et immédiatement sous la paraphyse *s*, on voit les franges des plexus choroïdes coupées; elles ont, sur la coupe, l'aspect de digitations. La tige épiphysaire débouche dans le troisième ventricule vers le bas et elle se porte, par son extrémité libre, vers le haut, puis elle s'incurve et rejoint l'œil pariétal *o* logé dans le trou pariétal. Ce dernier organe est tout à fait superficiel; l'épiderme et la couche du derme qui le recouvre sont amincis. Les rayons lumineux peuvent certainement passer à travers les couches qui recouvrent l'œil.

Le cerveau moyen (*b*) a pour voûte les tubercules bijumeaux ou lobes optiques (*tb*), la cavité — l'aqueduc de Sylvius (*aq*) — communique en avant avec le troisième ventricule et en arrière avec le quatrième (v^4). Le plancher du cerveau moyen forme les pédoncules cérébraux. Puis viennent le cerveau pénultième, qui a pour voûte le cervelet (*cv*), et le cerveau postérieur. Dans le quatrième ventricule (v^4) flottent des franges constituant le plexus choroïde (px^4) du quatrième ventricule dont les digitations se voient fort bien sur la coupe. Ces plexus sont constitués comme ceux du troisième ventricule; l'épithélium neural (l'épendyme) est refoulé par le tissu conjonctif embryonnaire. Par ce que nous venons de dire, la position de l'œil pariétal est nettement définie.

Il ne sera pas sans intérêt d'examiner comparativement la coupe représentant l'embryon d'orvet précédent (phot. 55) avec la photographie 56 (pl. XVI), relative à une coupe sagittale d'un lézard des murailles, et la photographie 57, concernant le gecko peu avant la naissance. Ces dernières coupes sont morphologiquement semblables à celle de l'orvet précédent, dont nous venons de donner une description que nous ne croyons pas devoir renouveler dans son ensemble, tant il y a identité dans les trois cas. Seul le complexus pariéto-épiphysaire est différent, comme nous allons le montrer.

Dans la photographie 55, la tige épiphysaire se porte en avant au-dessus du toit du troisième ventricule (v^3) et elle est coudée presque à angle droit là où il y a contact avec la paraphyse (*s*). Dans la photographie 56 (lézard des murailles), la tige épiphysaire est droite et sans coude, mais elle est inclinée en arrière vers les tubercules bijumeaux (*tb*). Quant à l'œil pariétal, il vient immédiatement au-dessus de cette tige. Dans la photographie 57 (chez le gecko), la tige épiphysaire est dans la même situation que chez le lézard; on remarquera que la forme est la même dans les deux cas, mais il n'existe pas d'œil pariétal. Le diverticule épiphysaire seul a persisté, sans aucune autre régression. Mais ici le tube qui représente la paraphyse serpente au-dessus de l'épiphyse ; sur d'autres coupes d'embryons du même âge, nous voyons une manière de glomérule produit par la paraphyse et coiffant l'extrémité de l'épiphyse (à l'endroit où se trouve placé l'œil pariétal chez le lézard des murailles).

On se fera une idée des relations qui existent entre les organes dont nous venons de parler chez le lézard vivipare en consultant la photographie 24, planche II, de notre travail de 1896. On constatera qu'ici encore la tige épiphysaire est dirigée en arrière, — vers les tubercules bijumeaux, — tandis que l'œil pariétal en est très éloigné et porté en avant comme chez l'orvet.

Il n'est pas sans intérêt de noter qu'il est possible de reconnaître à l'examen, soit de coupes, soit même d'embryons vivants, à quelle espèce de lacertiens l'on a affaire, rien que par l'étude des organes pariéto-épiphysaires. L'organisation différentielle du complexus pariéto-épiphysaire constituerait un excellent caractère zoologique spécifique, si l'observation était plus facile.

Arrivons-en maintenant à la description de l'œil pariétal à l'état adulte. Servons-nous de la photographie 58 (pl. XVII) pour étayer notre démonstration. L'œil est accompagné exceptionnellement d'un œil supplémentaire, d'un œil accessoire *y*. Cette dernière formation est une réduction de l'œil pariétal *o*; elle mesure $0^{mm}052$ de longueur. Le grand diamètre de l'œil pariétal principal mesure $0^{mm}195$. Les deux organes sont enveloppés dans la même capsule conjonctivale, que la photographie montre fort bien; toutefois, on découvre sur la série de coupes quelques fibres conjonctives qui pénètrent entre les deux organes pour établir une séparation rudimentaire. Dans le cas qui nous occupe, ce qui est remarquable, c'est ce fait que l'œil accessoire possède un véritable cristallin dont le diamètre longitudinal mesure $0^{mm}026$. Le petit œil contient aussi une véritable cavité close. Une rétine existe également; en avant, elle est en rapport avec la rétine de l'œil principal. Elle est très pigmentée, et ce n'est qu'en faisant pénétrer un vif faisceau de lumière qu'on reconnaît encore vaguement sa nature cellulaire.

Quant à l'œil principal *o*, il est ovoïde, il est déprimé en arrière par la poussée de l'épiphyse *e*.

Le cristallin présente des cellules prismatiques disposées suivant la hauteur, mais d'une façon irrégulière; les noyaux elliptiques ont leur grand diamètre dirigé suivant le grand axe des cellules.

Au centre, le pigment a envahi les éléments cellulaires au point que les rayons lumineux ne le traverseraient certainement pas. Il en résulte une véritable cataracte pigmentaire qui nuirait au fonctionnement de l'organe.

La rétine présente à considérer une couche de cellules cuboïdes pigmentées; les autres éléments internes sont tellement obscurcis qu'il est impossible d'en analyser la structure. Le cristallin affecte, sur la photographie, une fausse séparation d'avec la rétine; cet aspect fallacieux est dû à la pigmentation qui fait ressortir plus vivement le cristallin.

N'est-il pas vrai que la nature, en la circonstance, emploie un moyen efficace, la pigmentation, pour détruire l'œil pariétal, comme si la présence de ce dernier et son fonctionnement étaient nuisibles à l'animal qui le porte?

La série des coupes, dont l'une est représentée par la photographie que vous venez de voir, nous prouve, à la dernière évidence, que l'œil accessoire que nous analysons n'est autre chose qu'un petit fragment de l'œil pariétal qui s'est séparé accidentellement par une constriction annulaire.

Voici maintenant une photographie (pl. XVI, 60) concernant un embryon d'orvet presque à terme et qui nous montre qu'aux dépens de la tige épiphysaire il peut aussi se constituer un œil accessoire; dans l'occurrence, ce dernier est placé sur le plan médian entre l'œil pariétal *o* et l'épiphyse *e*. Le diamètre de cette formation est de $0^{mm}052$. Ce diamètre n'est que le quart de celui de l'œil pariétal qui lui correspond. De grosses cellules cuboïdes forment la paroi de l'œil accessoire; ces cellules sont analogues à celles qui constituent la couche externe de l'épiphyse et de l'œil pariétal; à l'intérieur, les éléments sont pigmentés. Enfin il existe une cavité très restreinte dans cette formation. En étudiant la série de coupes, nous avons pu nous assurer qu'il existe une relation entre le soi-disant œil accessoire et l'extrémité de l'épiphyse. Ce que nous venons de dire prouve qu'il s'agit ici purement et simplement d'un diverticule creux provenant de l'épiphyse et dont les éléments internes se sont infiltrés de pigments. Notons en passant que sur la préparation on constate que l'extrémité de l'épiphyse est également atteinte par la pigmentation.

En 1894, Burckhardt a signalé, le premier, la présence d'un œil accessoire chez *Lacerta*. Il a trouvé dans la région pariéto-épiphysaire un petit corps creux qu'il compare au *Nebenscheitelorgan* de Carrière et de Leydig. Il signale cette formation sans en donner d'autre description.

Sur un embryon de lézard vivipare (pl. XVII, 59), dont la tête mesure une longueur de 5 millimètres, nous avons rencontré une formation qui doit être rangée parmi les yeux accessoires. Chose intéressante, cet œil *n* se trouve placé sous l'œil pariétal *o*; il occupe ainsi la même place que la vésicule inférieure que l'on rencontre normalement sous l'organe pariétal chez *Petromyzon*.

Les dimensions de l'œil accessoire sont plus considérables que celles des mêmes formations chez l'orvet; il mesure en longueur $0^{mm}17$, tandis que l'œil principal a pour diamètre $0^{mm}2$.

Ainsi que le montre la photographie 59, la pigmentation a tellement envahi cette production anormale, que c'est avec beaucoup de peine qu'on y découvre, sous une forte lumière, une structure cellulaire. C'est d'ailleurs, comme le démontre l'étude de la série de coupes, une vésicule close. On peut également constater qu'une traînée de cellules relie cette dernière à l'épiphyse *e* ; ces cellules sont d'ailleurs pigmentées; on en trouve un amas figuré sur la coupe que représente la photographie 59 (entre l'épiphyse *e* et l'organe *n*). Cette traînée de cellules dont nous venons de parler nous donne la certitude que l'organe accessoire *n* est né du bout distal de l'épiphyse *e*.

Ce serait une hypothèse aussi ingénieuse que hardie que celle qui tendrait à homologuer l'œil pariétal accessoire que nous venons de décrire chez *Lacerta vivipara* à la vésicule pinéale inférieure de *Petromyzon* ; nous ne nous laisserons pas séduire par cette théorie qui, à notre avis, n'est soutenue ni par l'ensemble des faits, ni par un corps de doctrine sérieux.

On sait qu'il peut se produire des troubles plus ou moins profonds dans le développement de certains organes; c'est ainsi que se réalise le *colobome* de la choroïde et de l'iris, pour ne citer que ces deux exemples. A notre avis, un trouble dans le développement donnerait également origine aux yeux accessoires, et ce trouble aurait pour cause ce mode régressif de séparation des deux organes pariéto-épiphysaires que nous avons décrit antérieurement. Il est évident que ce phénomène de formation, qui s'éloigne du type régulier, doit produire, dans certains cas, un manque de régularité dans l'embryologie de ces organes, et ce manque de régularité peut être la cause d'anomalies donnant naissance à des productions telles que les yeux accessoires. Ces derniers ne répondent donc nullement à des yeux qui auraient pu exister autrefois dans la série des vertébrés.

Projetons encore une photographie d'un œil pariétal chez un orvet âgé, représenté en coupe sagittale (pl. XVIII, 61), et montrant aussi la profonde régression de l'œil pariétal. Les bâtonnets de la rétine sont bourrés de pigment; il est à peine possible d'en analyser la structure en s'aidant d'un très fort éclairage. Les autres couches de la rétine n'ont pas cette netteté de structure que nous avons signalée précédemment. L'infiltration pigmentaire les a également atteintes : la photographie le montre fort bien. C'est là une véritable dégénérescence, une véritable régression de l'organe, ainsi que l'a déjà signalé Spencer en 1886.

Ajoutons que chez le spécimen d'orvet répondant à la photographie 58, la pigmentation n'est pas extracellulaire (Nowikoff 1910), comme on le constate ordinairement, mais bien intracellulaire.

Dans la photographie 61, on voit le cristallin affecté aussi de cataracte pigmentaire, mais à un moindre degré. La pigmentation tend même à envahir la cavité de l'œil. Signalons que chez un autre spécimen d'orvet, nous avons constaté que cette cavité était complètement close par les granulations pigmentaires.

La structure de l'œil pariétal chez l'orvet est tellement variable, principalement chez l'adulte, que chaque spécimen nécessiterait une description particulière. C'est ce qui nous permet de dire que l'œil pariétal et les organes connexes n'ont plus d'anatomie fixe : en un mot, que cette anatomie n'est plus constante comme la chose existe pour les organes à fonction active. Nous reviendrons sur ce sujet par la suite dans nos conclusions.

Depuis plusieurs années, nous nous procurons à l'époque propice, assez péniblement, des embryons de *Seps calcidica*, un lacertien serpentiforme du midi de l'Europe, voisin de l'orvet.

Disons en passant qu'il diffère cependant de ce dernier animal par ce caractère qu'il possède quatre membres grêles munis chacun de doigts; à première vue, ces membres ont l'aspect de moignons; ce sont d'ailleurs de véritables organes rudimentaires; chez l'orvet, ces membres n'existent plus; il n'en reste tout au moins que les bases, sous forme de ceinture scapulaire (avec un sternum) et de ceinture pelvienne; ce sont là des organes actuellement sans fonction, derniers vestiges des membres ayant disparu aujourd'hui. Comme chez l'orvet, chez *Seps calcidica*, le développement de l'œil pariétal et de l'œil épiphysaire est on ne peut plus intéressant, les phénomènes embryonnaires sont parallèles, si pas semblables. Nous n'ajoutons donc pas une nouvelle description à celles qui précèdent, nous réservant de revenir sur cette question par la suite. Nous nous contenterons d'interpréter, pour le moment, une série de quatre coupes antéro-postérieures provenant de deux embryons de *Seps calcidica* à deux âges différents.

Les trois premières photographies (phot. 62, 62$^{\text{bis}}$ et 63) sont prises sur une même coupe à des grossissements différents. La photographie 62 (pl. XVIII) figure l'ensemble de la voûte des cerveaux intermédiaire *b* et moyen *c*. L'œil pariétal est venu se placer à la surface de la tête. On voit assez bien le nerf optique pariétal qui part de l'œil et vient aboutir à la commissure supérieure *cs*. La tige épiphysaire est en contact avec l'œil pariétal par son extrémité antérieure, tandis que l'autre extrémité est en rapport avec la voûte du cerveau intermédiaire. Dans celle-ci, à la limite du cerveau moyen, et en arrière de l'épiphyse *e*, on voit la commissure postérieure *cp*; puis, postérieurement, on remarque la voûte *t* qui constitue les tubercules bijumeaux.

Sur la photographie 62^{bis} (pl. XIX), le nerf optique pariétal est fort bien représenté; les fibres nerveuses qui le constituent sont très apparentes; avec un peu d'attention, on verra que ce nerf aboutit à la commissure supérieure *cs*.

Sur la photographie 63 (pl. XIX), l'œil a l'aspect ovoïde. Il est très près de la surface de la tête en contact avec le derme qui, en cet endroit, est très aminci. Le cristallin, lentille biconvexe, est nettement différencié de la rétine. Il est toutefois en continuité directe avec la paroi de celle-ci; quant à sa structure, nous voyons qu'il est constitué de trois couches de cellules élevées à noyaux ovalaires, ciliées dans la cavité de l'œil.

La rétine, de dedans en dehors, présente à considérer les mêmes couches que celles observées chez l'orvet :

1° La couche des bâtonnets dirigés vers la lumière; ils sont munis de cils à leurs extrémités libres;

2° La couche de petites cellules sur lesquelles s'appuient les bâtonnets;

3° En formation, la couche moléculaire;

4° Enfin, la couche de grosses cellules cuboïdes sous lesquelles aboutissent les fibres du nerf optique qui s'épanouit en éventail dans la rétine.

Le nerf optique, mieux que dans les coupes que nous avons étudiées jusqu'ici, permet l'étude de la fine structure.

Les fibres, avant d'entrer dans l'œil, s'épanouissent en éventail, contrairement à ce qui existe pour les yeux latéraux; elles se dispersent et vont se rendre dans les bâtonnets. Le nerf est placé, non pas sur le plan médian, mais légèrement à droite. Il contourne la paraphyse *s* et le plexus choroïde px^3 ; il va aboutir au ganglion droit de la commissure supérieure. C'est là une disposition qui a été signalée par de Klinckowström dans son travail concernant *Iguana*.

Quant à l'œil épiphysaire, vous le voyez transformé en une longue tige creuse venant en contact vers le haut avec l'œil pariétal. La cavité débouche dans le troisième ventricule en avant de la commissure postérieure. La fine structure est semblable à celle de l'œil pariétal. (C'est ce que nous avons déjà vu chez l'orvet.) Il existe donc, de dedans en dehors :

1° Une couche de bâtonnets ciliés dans la cavité ;

2° Une couche de petites cellules sur lesquelles s'appuient les bâtonnets ;

3° Une couche de grosses cellules cuboïdes.

Pour qu'il y ait identité de structure entre les rétines des deux yeux, il faudrait que celle de l'œil épiphysaire possédât une couche moléculaire; celle-ci manque en l'occurrence.

Enfin, à la face dorsale de l'épiphyse, nous retrouvons la trace d'un nerf optique pinéal qui aboutit au ganglion gauche de la commissure supérieure (ganglion gauche de l'habenula). Ce nerf existe chez *Iguana*, comme l'a démontré de Klinckowström dans son travail paru dans l'*Anatomischer Anzeiger* en 1893.

Voici représentée, sous la photographie 64 (pl. XX), une coupe sagittale et entière de *Seps calcidica* un peu plus âgé que le précédent. Les auditeurs constateront sans peine qu'ils ont sous les yeux une image pareille à celles qui ont été projetées antérieurement (phot. 55, 56 et 57) et relatives à l'orvet, au lézard des murailles et au gecko, le stade étant actuellement un peu plus avancé. Nous croyons inutile de refaire une description générale détaillée à ce sujet. Nous nous contenterons de signaler l'œil pariétal (*o*), accompagné de la tige épiphysaire (*e*), cette dernière débouchant dans le troisième ventricule. Le nerf optique pariétal existe (le réseau de la similigravure ne permet pas, malheureusement, de l'observer sur la planche; mais sur le positif projeté, il était bien visible). Les fibres de ce nerf sont atteintes par la dégénérescence; elles sont remplies de fines granulations, signe précurseur d'une disparition prochaine.

De l'étude que nous venons de faire sur notre série de positifs, il apparaîtra que le développement des organes pariéto-épiphysaires, si l'on s'en tient aux grandes lignes, est relativement simple. En résumé, aux dépens d'une vésicule dérivée de la paroi du système nerveux, il se constitue un cristallin et une rétine. Cristallin et rétine ont une structure également relativement simple. Celle-ci rappelle la rétine des invertébrés, chez lesquels les bâtonnets sont toujours dirigés vers la lumière.

Il existe un nerf optique, tout au moins à l'état embryonnaire, qui aboutit à la commissure supérieure.

L'œil épiphysaire (ou son ébauche) est né aussi d'une vésicule oculaire primitive. Il a, au début, toute la structure embryonnaire de l'œil pariétal. Chez certains lézards, cet œil est innervé par un nerf aboutissant à la commissure supérieure (de Klinckowström).

Notre sujet serait, à notre sens, incomplet si nous ne décrivions très brièvement et dans les grandes lignes le développement des yeux latéraux; une comparaison entre les deux variétés d'yeux est indispensable, et nous sommes certain que nos auditeurs y ont déjà pensé.

Nous avons montré antérieurement la structure de la vésicule oculaire primitive correspondant aux yeux latéraux. Nous savons que c'est une expansion, une évagination du cerveau intermédiaire venant en contact avec l'épiderme à l'endroit où se formera, aux dépens de cet épiderme, le cristallin. L'épiderme (épiblaste) au contact avec la paroi externe de la vésicule oculaire s'épaissit; il se creuse d'une fossette, d'abord ouverte, qui ne tarde pas à se fermer et à se développer de manière que la paroi antérieure de la vésicule optique est refoulée; celle-ci s'invagine à la manière d'une coupe à double paroi; dans la cavité se trouve logé l'épiderme (épiblaste) invaginé. On obtient une vésicule optique secondaire; celle-ci est toujours en communication avec le troisième ventricule par la portion postérieure qui a formé un pédicule, ébauche du futur nerf optique. C'est ce que les deux photographies (65 et 66) représentant des coupes de deux embryons de chien de la même portée vont rendre tangible.

La photographie 65 (pl. XX) est relative à une section transversale : les deux vésicules oculaires secondaires (*o*) (coupes oculaires) ont une double paroi résultant de l'invagination de la paroi antérieure : elles sont reliées par un pédoncule creux (portion rétrécie de la vésicule oculaire primitive) (voir phot. 4) au cerveau intermédiaire. Ce pédoncule creux est l'ébauche du nerf optique.

La coupe que représente la photographie 66 (pl. XXI) a été prise à une plus forte amplification et elle est pratiquée dans la direction de l'axe du nerf optique *n* et de l'œil; c'est donc, par rapport à ces organes, une coupe sagittale. Vous constatez que la cavité interne de la coupe oculaire secondaire communique avec le troisième ventricule v^3 par l'intermédiaire du nerf optique. La cavité de la coupe oculaire secondaire est occupée partiellement par la vésicule du cristallin actuellement close.

Les parois de la coupe oculaire secondaire nous intéressent particulièrement : la paroi interne (*r*), celle qui est invaginée, formera la rétine. Si nous nous rappelons comment se constitue l'œil pariétal, nous pouvons conclure que cette paroi invaginée répondrait au cristallin de l'œil pariétal.

La paroi externe (*p*) de la coupe oculaire secondaire s'amincira, se pigmentera et formera l'épithélium pigmenté de la choroïde. Cette paroi externe répond à la rétine de l'œil pariétal.

Un mot sur la structure du cristallin (*cr*) ne sera pas déplacé ici. Cet organe, d'abord creux, finira par être comblé par les cellules postérieures du cristallin, qui s'allongeront pour former les fibres du cristallin. C'est ce qui sera démontré sur les photographies qui vont passer sous vos yeux tout à l'heure.

Nous allons maintenant interpréter la photographie d'une coupe sagittale d'un œil d'un embryon humain de douze semaines (pl. XXI, phot. 67).

L'œil rappelle la coupe oculaire secondaire. La paroi qui s'est invaginée, et qui est par conséquent interne, est épaisse; c'est la rétine (*r*) qui s'organise maintenant en sept couches. Le nerf optique (*n*) vient s'y épanouir par le fond de la coupe. Les fibres nerveuses pénètrent à travers toute la rétine en un seul faisceau; puis elles s'étalent en éventail; ensuite, elles s'incurvent et vont se terminer dans les cônes et les bâtonnets. Ces derniers sont en contact avec l'épithélium pigmenté de la choroïde (ou mieux de la rétine). On remarquera sur la photographie que cet épithélium pigmenté n'est autre chose que la paroi externe (*ep*) de la coupe oculaire secondaire (paroi formant le creux où s'est invaginée la rétine). Normalement, la rétine devrait être en contact avec cette paroi; s'il en est autrement sur la photographie 67, c'est qu'il s'est produit un décollement pendant la manipulation.

Par rapport à ce qui existe dans l'œil pariétal, la rétine est inversée. Remarquons que, quant à la surface pigmentée sur laquelle l'image se formera, tandis que les extrémités des bâtonnets de l'œil pariétal sont les réceptacles du pigment nécessaire à la formation de l'image, dans les yeux latéraux, il existe, à cet effet, une couche spéciale : c'est l'épithélium pigmenté de la choroïde (de la rétine, devrait-on dire). Les cônes et les bâtonnets reçoivent l'image. Il y a donc ici véritablement une division du travail qui n'existe pas dans l'œil pariétal. C'est un perfectionnement réalisé dans l'organisation des yeux latéraux.

Il ne sera pas sans intérêt d'étudier la structure des yeux latéraux chez l'orvet un peu avant la naissance. La photographie 68 (pl. XXII) nous montre l'un de ces organes coupé longitudinalement. Les parois de la coupe oculaire secondaire se reconnaissent encore très bien; c'est, dans l'intérieur, la rétine *r* différenciée en sept couches, et, à l'extérieur, l'épithélium pigmenté de la choroïde (mieux : de la rétine). On voit le nerf optique pénétrer en un faisceau de fibres à travers toute la rétine; puis ces fibres s'épanouissent, s'incurvent, pénètrent dans celle-ci et vont aboutir dans les cônes et bâtonnets, l'extrémité libre de ces derniers étant plongée dans l'épithélium pigmenté.

Le cristallin *cr* montre très bien de longues cellules postérieures qui formeront les fibres de cet organe.

De l'étude comparative que nous venons de faire, il résulte, en résumé, que dans l'œil pariétal la paroi de la vésicule oculaire primitive qui donne naissance au cristallin répond à la rétine invaginée des yeux latéraux; la rétine du premier répond à l'épithélium pigmenté de la choroïde des seconds.

Les bâtonnets de l'œil pariétal sont tournés vers la lumière (comme dans les yeux d'invertébrés) et l'extrémité de ceux-ci contient le pigment.

Dans les yeux latéraux, les bâtonnets et les cônes sont dirigés vers la paroi interne, vers l'épithélium pigmenté de la choroïde. La rétine des yeux latéraux est donc inversée. Quant à l'entrée du nerf dans les deux yeux, elle est aussi caractéristique et elle est suffisamment définie par l'examen des photographies.

On a comparé l'œil pariétal à un œil d'invertébré. La chose est exacte au point de vue de la rétine, qui dans les deux cas n'est pas inversée et dont les bâtonnets contiennent le pigment.

Il nous paraît intéressant de montrer quelques microphotographies concernant les yeux d'invertébrés, parce que les premiers auteurs ont établi des analogies morphologiques qui ne sont d'ailleurs réelles, comme nous venons de le dire, que quand il s'agit de la rétine.

Voici la coupe d'un œil composé d'un petit crabe (*Porcellana longicornis*) (pl. XXII, phot. 69). Chacun des éléments constitue un œil. Il en existe, représentés sur la coupe, une quinzaine. Il n'entre pas dans nos intentions de décrire la structure de ces yeux. Il suffit que vous puissiez constater que les fibrilles nerveuses *fn* provenant du cerveau pénètrent par la partie postérieure de la rétinule et que celle-ci est dirigée vers la lumière. Donc la rétinule n'est pas inversée; de là l'analogie (nous disons analogie) avec la rétine de l'œil pariétal. Le pigment est réparti d'ailleurs de la même façon dans les deux cas.

Autre exemple : voici un des deux yeux (pl. XXIII, phot. 70) d'un embryon de calmar coupé longitudinalement. Nous voyons la rétine *r* provenant de la paroi d'une fossette qui s'est formée aux dépens de l'épiderme (non pas d'une différenciation du système nerveux central embryonnaire). Cette rétine, qui rappelle par sa structure celle de l'œil pariétal de l'orvet et d'autres lacertiliens, possède des bâtonnets dirigés vers la cavité de l'œil, donc vers la lumière. Les extrémités de ces bâtonnets sont pigmentées; les fibres du nerf optique pénètrent par l'arrière dans la rétine; celle-ci n'est donc pas non plus inversée. Quant au cristallin que vous voyez si bien développé et qui semble avoir de l'analogie avec un cristallin d'un œil pair, c'est une formation cuticulaire résultant d'une sécrétion. Il n'est pas l'homologue du cristallin de l'œil pariétal ou de celui des yeux pairs; il n'a pas, en effet, même origine morphologique, quoique cependant il remplisse la même fonction.

Il nous paraît intéressant de dire un mot des organes pariéto-épiphysaires (glande pinéale) chez l'homme (chez les mammifères).

En examinant le cerveau d'un mammifère adulte, on pourrait croire que l'épiphyse, disons ici la glande pinéale, est un organe profondément enfoui dans le cerveau même. Il n'en est rien : c'est un organe recouvert, mais non interne.

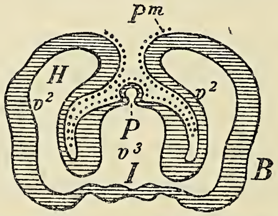


Fig. 75. — Schéma représentant, d'après Mathias Duval, une coupe d'embryon humain avant la formation du corps calleux. H, cerveau antérieur (hémisphère). P, organe pariéto-épiphysaire. v^2, ventricules latéraux communiquant, par les trous de Monro, avec le troisième ventricule. v^3, cavité du cerveau intermédiaire I; les parois latérales de ce dernier sont les couches optiques. P^m, pie-mère figurée seulement dans la région interhémisphérique.

A un moment donné, chez tous les mammifères, la glande pinéale est un organe fort semblable à ce que nous avons vu chez le poulet et autres animaux. C'est une digitation creuse placée en avant de la commissure postérieure et formée aux dépens du toit du troisième ventricule (fig. 75). C'est donc bien un organe d'origine superficielle.

Par la suite, les hémisphères H prennent une grande importance; ils recouvrent totalement le cerveau intermédiaire I. A mesure que les hémisphères se développent et se rapprochent de la ligne médiane, le cerveau intermédiaire semble s'enfoncer et disparaître sous les deux masses qui le surplombent. La pie-mère (P^m), qui recouvre la paroi supérieure et externe du troisième ventricule, se trouve alors enfermée dans la partie profonde. Les hémisphères continuent à croître. Le cerveau intermédiaire et son toit, avec la « glande pinéale P », recouverts par la pie-mère, semblent ainsi profondément enfoncés (fig. 75, 76 et 77).

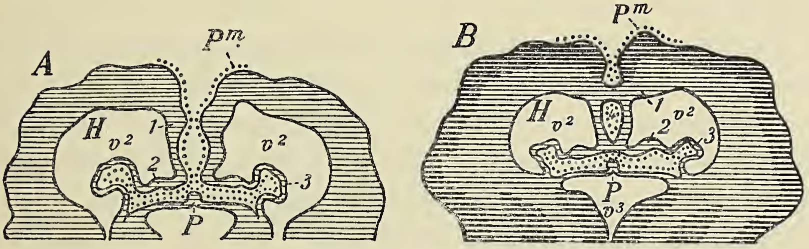


Fig. 76 et 77. — Mêmes indications que pour la figure 75 (embryons plus âgés).

Fig. 76. — (1), région des hémisphères qui, en se rapprochant, formeront le corps calleux; (2), régions où, dans les mêmes circonstances se constituera le trigone; (3), plexus choroïdes des ventricules latéraux (voir phot. 72, 73 et 74). La « glande pinéale » est presque complètement recouverte par le trigone en formation.

Fig. 77. — Le corps calleux et le trigone se sont formés par la soudure déjà indiquée sur la figure 76 Une cavité (4) s'est ainsi réalisée : c'est le cinquième ventricule. L'examen des schémas qui précèdent prouvera que le soi-disant cinquième ventricule n'a pas la dignité morphologique des cavités cérébrales précédemment étudiées.

Puis vient la formation du corps calleux qui réunit les deux hémisphères l'un à l'autre. Une première cloison recouvre une première fois la glande pinéale. Par la suite, plus bas, le trigone se formera et constituera une seconde cloison au-dessus de la glande pinéale. Entre le trigone et le corps calleux, un espace recouvert par la pie-mère sera réalisé : c'est le ventricule du *septum lucidum* ou cinquième ventricule. Ce ventricule, qui est tapissé d'un endothélium et non pas de l'épendyme, ne mérite pas ce nom. Il n'a d'ailleurs aucune communication avec les autres cavités du cerveau. La glande pinéale est donc un organe recouvert et non pas un organe profondément enfoui dans le cerveau, comme un examen superficiel pourrait le faire croire. Chez l'homme, la glande pinéale est couchée sur les tubercules quadrijumeaux. Nous la considérons, nous le répétons, comme primitivement formée de la même façon que chez les oiseaux ; et son ébauche, à notre sens, représente les deux évaginations pariétale et épiphysaire des reptiles, confondues en une seule vésicule. Chez l'homme comme chez les mammifères, l'organe subit des régressions profondes dont il ne peut être question ici.

Dans le cours de cette démonstration, nous avons signalé sur bon nombre de photographies la présence de la paraphyse, organe que nous avons été le premier, en 1888, à signaler comme homologue d'une vésicule oculaire primitive et dont l'ébauche est semblable à celle de l'œil pariétal et de l'épiphyse. Nous nous permettons d'ajouter un mot à ce propos. Dans une note parue dans le *Biologisches Centralblatt,* en 1890 (n° 11, vol. X, p. 323), et intitulée : *Das Stirnorgan der Wirbeltiere,* Selenka signalait cet organe chez divers lacertiliens, notamment chez l'orvet et le lézard vivipare. Il appela alors cet organe paraphyse. Dans un travail présenté à l'Académie, le 6 août 1903, et paru dans le *Bulletin* de janvier 1894, nous avons fait l'historique de cette question que nous croyons devoir brièvement rappeler ici. Il est certain que Selenka, au moment où il a décrit la paraphyse, n'avait pas eu connaissance de nos deux travaux antérieurs. Non seulement nous avons décrit, à différents stades chez l'orvet et chez le lézard, l'organe qui nous occupe à ce moment, mais encore nous l'avons figuré, à l'aide de microphotographies adéquates aux préparations, puisque aucune retouche n'y avait été exécutée. Notons, en passant, que la note de Selenka ne contient aucune figure. Beaucoup de coupes que nous représentons aujourd'hui ont été figurées dans nos travaux précédents, mais à une amplification différente.

A la page 64 de notre thèse intitulée : *Recherches sur le développement de l'épiphyse* (*Archives de biologie*, 1888), nous disons : « Il nous reste maintenant à rechercher quelle est la signification de la cavité du plexus choroïde du troisième ventricule. Chez l'orvet et chez le lézard, il est un moment où le creux, première ébauche du plexus (fig. 5), est semblable à l'état initial de l'épiphyse. Chez l'axolotl, sur une largeur de 8 millimètres, la cavité du plexus du troisième ventricule est formée d'une vésicule renflée, distale, unie au cerveau par un pédicule proximal. Une seule couche de cellules constitue la paroi de l'ensemble de l'organe. Les figures de de Graaf nous montrent une disposition analogue chez *Triton tœniatus*.

» A ce moment, l'ébauche du plexus ainsi constitué *ressemble plus à une vésicule oculaire primaire* que l'épiphyse chez ces derniers animaux. Si Ahlborn et Rabl-Ruckart ont pu dire, il y a quelques années, que l'épiphyse avait ordinairement la valeur d'une vésicule oculaire primitive et, par conséquent, était l'ébauche d'un troisième œil, nous estimons que la même hypothèse peut s'appliquer à la cavité primitive du plexus choroïde du troisième ventricule. Remarquons que cet organe se retrouve dans toute la série des vertébrés et que chez les lacertiliens, il vient pousser un amas de tubes sous l'œil pariétal lui-même, comme nous l'avons montré par nos recherches. »

En note, sous le texte que nous venons de rappeler, on trouve :

« L'ensemble de ces tubes, ainsi que leur structure, rappelle l'épiphyse des oiseaux. Nous nous réservons de traiter ce sujet d'une façon complète dans un prochain travail. »

Enfin, dans les thèses qu'il est de règle d'annexer au travail principal, et qui ont été imprimées et distribuées en même temps que l'ouvrage et les tirés à part, après avoir été visées, le 16 juin 1888, par MM. Pigeolet et Dewilde, présidents des Facultés devant lesquelles nous avons exposé le sujet, on trouve les propositions suivantes :

. . . .

III. Le premier diverticule, qui prend naissance à la limite du cerveau antérieur et du cerveau intermédiaire, et que l'on a considéré comme donnant naissance aux plexus choroïdes du troisième ventricule, n'entre pas dans la composition de ce plexus.

IV. Ce diverticule est un organe rudimentaire qui, à l'origine, a la valeur d'une vésicule oculaire primitive chez les lacertiliens pendant une période de la vie embryonnaire; cet organe est fort semblable à l'épiphyse des oiseaux adultes.

V. Chez la couleuvre à collier, cet organe se développe comme chez les sauriens ; pendant une période de la vie embryonnaire, on peut distinguer facilement le plexus choroïde du troisième ventricule de cet organe rudimentaire.

VI. Chez les oiseaux, le véritable plexus choroïde du troisième ventricule est développé indépendamment du diverticule creux, qui apparaît à la limite des cerveaux antérieur et intermédiaire.

. . . .

XIII. La glande pinéale de l'axolotl est d'abord un diverticule creux naissant de la voûte du cerveau intermédiaire. Ce creux se remplit par la suite de cellules épithéloïdes. Le premier diverticule qui se forme à la limite du cerveau antérieur et du cerveau intermédiaire devient, à un moment donné, un organe formé d'une vésicule et d'une tige proximale.

Comme on le constate par ce qui précède, l'organe appelé paraphyse par Selenka a été décrit par nous et nettement différencié du véritable plexus du troisième ventricule avant la publication de la note de cet auteur. Il suffira, pour se rendre un compte exact de la différence entre le plexus et la paraphyse, d'analyser les figures 5, 11, 12, 14, 21, 22 et 23 de la planche du tome XIV, page 837, des *Bulletins* de l'Académie, où l'on voit comment se développe la paraphyse *s* qui finit par prendre la forme d'un tube venant se loger sous l'œil pariétal. Les figures 5, 7, 8, 12, 13, 15, 19, 23, 20, 28, 31 et 33 de la planche XL des *Archives de biologie*, volume VII, montrent encore mieux qu'il n'est plus possible de confondre les plexus choroïdes avec la paraphyse; ceux-ci naissent aux dépens de plis qui se constituent dans la voûte du troisième ventricule.

La plupart des figures que nous venons d'énumérer sont reproduites dans la présente communication et ont été projetées pendant la séance solennelle de décembre. Les clichés ont été refaits sur les préparations à un grossissement ordinairement plus considérable.

Les auteurs qui, depuis quelques années, ont fait l'historique de la question qui nous occupe ont attribué à Selenka seul la découverte de la paraphyse. Il n'est pas mauvais, ne fût-ce qu'au point de vue de l'histoire de la science, que l'on remette les choses au point.

Il faut aussi que l'on sache que des auteurs tels que Hoffmann (¹) et De Graaf (²) s'étaient occupés de l'ébauche de la paraphyse comme devant donner naissance aux plexus choroïdes du troisième ventricule.

Dans la revue que nous avons donnée dans le cours de nos recherches, en 1887 et en 1888, nous avions également distingué un creux qui se forme entre le cerveau antérieur et le cerveau intermédiaire, mais les auteurs que nous venons de nommer, comme nous-même d'ailleurs, pendant un certain temps, ont

---

(¹) C.-D.-K. Hoffmann, *Morpholog. Jahrbuch*, Bd XI.

(²) De Graaf, *Bijdrage tot de kennis van den bouw en de ontwikkeling der epiphyse bij Amphibien en Reptilien*. Leiden, 1886.

confondu cette ébauche avec le rudiment du plexus choroïde du troisième ventricule.

Avant de clore cette partie de notre démonstration qui concerne la paraphyse, nous estimons qu'il convient de résumer très brièvement la description que nous en avons faite dans nos travaux de 1888 et de 1894 concernant l'axolotl et l'homme.

Dans la thèse XIII que nous avons rappelée plus haut, nous disons que chez ce batracien, à la limite du cerveau antérieur et moyen, il se produit un organe formé d'une vésicule distale et d'une tige proximale. C'est l'étude des coupes d'une larve de cet animal qui nous avait amené à formuler cette proposition. La photographie 71 (pl. XXII) nous montre l'une de ces coupes sagittales, choisie sur le plan médian. Entre le cerveau antérieur (*a*) et le cerveau intermédiaire (*b*), on voit un diverticule (*s*) débouchant dans la cavité cérébrale, entre les deux cerveaux *a* et *b*. Ce diverticule est comparable à une vésicule oculaire primitive. A ce moment, remarquons qu'il n'y a pas de plissement dans le toit du troisième ventricule et que, par conséquent, il n'existe pas de plexus choroïdes dans cette voûte. Ajoutons, en passant, qu'en avant de la commissure postérieure, on découvre une tige pleine qui représente les organes pariéto-épiphysaires.

Dans notre travail de 1894, nous avons décrit et figuré la paraphyse chez un embryon humain de douze semaines. Nous allons brièvement rappeler et résumer nos observations en interprétant trois photographies relatives à des coupes transversales de cet embryon. A cet âge, chez l'homme, la paraphyse affecte l'aspect d'un tube qui est creusé assez profondément dans la faux du cerveau primitif et elle est située sur le plan médian en avant de la *lamina terminalis ;* elle est tapissée d'une seule couche de cellules d'origine neurale. Le tube épiphysaire débouche dans le troisième ventricule, à la hauteur des trous de Monro.

Pour rendre tangible la description que nous venons de faire de la paraphyse chez l'homme, analysons les coupes représentées par les photographies 72, 73 et 74.

La photographie 74 (pl. XXIV) nous montre une coupe transversale sur laquelle nous découvrons inférieurement et sur la ligne médiane le creux du troisième ventricule (*b*) et latéralement les deux masses (*tt*) représentant les couches optiques; le troisième ventricule communique avec les ventricules latéraux (*a*) par les trous de Monro (*aa*), et, suivant la direction de ces trous, nous voyons s'insinuer de chaque côté les plexus choroïdes (*r*) qui s'introduisent dans les ventricules latéraux pour s'y épanouir largement; (*p*) représente la paroi interne du cerveau antérieur; entre ces deux parois, nous voyons la faux primitive (*f*), dans laquelle sont inclus de nombreux vaisseaux sanguins. En (*s*), dans cette faux du cerveau et à peu de distance de la *lamina terminalis,* se trouve la section de la paraphyse dont le creux est tapissé par une seule couche de cellules d'origine neurale.

La photographie 72 nous représente les mêmes dispositions; la coupe est prise à environ 1 millimètre plus bas; la paraphyse ici est rapprochée de la *lamina terminalis.*

Enfin, sur la photographie 73, on peut voir comment la paraphyse (*s*) débouche dans le troisième ventricule.

Conclusions.

Nos auditeurs, par ce qui précède, ont déjà acquis une notion suffisante concernant les organes rudimentaires. Mais de tels organes peuvent être rudimentaires à des degrés divers. C'est ce que montre l'étude de l'œil pariétal et de l'épiphyse dans l'échelle des vertébrés, et c'est ce qu'une brève revue des recherches qui ont été faites à ce sujet établira.

Chez *Petromyzon,* poisson inférieur, on sait depuis longtemps qu'il existe dans la région épiphysaire deux organes superposés. Studnicka, de Prague, a repris l'étude de ces organes. Le plus développé, situé au-dessus, est appelé par cet auteur l'organe pinéal. Il a pour origine une évagination de la voûte du cerveau intermédiaire placée en avant de la commissure postérieure. Immédiatement après sa formation, la vésicule se trouve au-dessus des ganglions habénulaires. La tige de la vésicule pinéale fournit un nerf qui est en relation avec le ganglion habénulaire droit.

La vésicule inférieure est appelée *parapinéale* par Studnicka; elle aurait pour origine une invagination de la voûte du cerveau intermédiaire placé en avant de la commissure postérieure; l'organe pinéal serait innervé par le ganglion habénulaire gauche.

L'organe pinéal (œil épiphysaire) de *Petromyzon* supplée, d'après Studnicka, aux yeux très peu développés et cachés sous la peau. Quant à l'origine de l'organe parapinéal, ce serait l'homologue de l'œil pariétal des lacertiliens et l'organe pinéal serait l'homologue de la tige épiphysaire (tige proximale des anciens auteurs).

Hill, dans deux travaux parus, en 1891 et en 1894, dans le *Journal of Morphology,* a reconnu que chez toute une série de poissons (*Corregonus albus, Salmo, Catostomus*, *Lepomis,* etc.), il se produit deux évaginations dans la voûte du cerveau intermédiaire. Ces évaginations sont primitivement indépendantes l'une de l'autre. La vésicule épiphysaire antérieure des poissons nommés plus haut est l'homologue de l'œil pariétal. La vésicule postérieure des mêmes poissons correspond à l'épiphyse des lézards. Il est probable que les deux vésicules étaient primitivement placées l'une à côté de l'autre.

Les organes pariéto-épiphysaires dégénèrent en une longue tige pleine terminée par un groupe de cellules s'appliquant sur les parois du crâne. Il n'existe pas d'œil pariétal ni épiphysaire.

Béraneck, dans un travail sur les batraciens, admet que chez ces animaux l'organe frontal des anoures est l'homologue de la glande pinéale et non de l'œil pariétal. Chez *Bufo vulgaris,* il se constituerait une évagination transitoire correspondant à la vésicule antérieure du toit du cerveau intermédiaire.

D'après Béraneck, les ancêtres des amphibiens comme ceux des reptiles ont dû posséder deux organes sensoriels dérivant du cerveau intermédiaire : l'un, antérieur, répondant à l'œil pariétal, l'autre, postérieur, répondant à la vésicule pinéale (*corps épithélial*). Le second de ces organes a seul subsisté chez les amphibiens actuels, où il est plus ou moins différencié. Le premier est complètement atrophié ou n'est plus qu'une évagination transitoire.

Dans son travail de 1886, Spencer a étudié, avec beaucoup de soin, l'anatomie du complexus pariéto-épiphysaire chez les reptiles ; il a distingué quatre types d'yeux pariétaux :

1° Le type *Cyclodus* nous montre l'œil pariétal formé d'une vésicule reliée au cerveau intermédiaire. Les parois de cette vésicule offrent seulement les premières traces de différenciations annonçant un cristallin et une rétine. L'épiphyse proximale reste creuse ; il n'y a d'ailleurs pas de trace de séparation entre les deux parties de l'organe. Nous ajouterons que chez le gecko (phot. 57) il n'existe même plus de vésicule distale. Il n'y a pas non plus de trou pariétal ;

2° Dans le type *Chameleo*, l'épiphyse fournit l'œil sans qu'il intervienne de différenciation de structure dans ce dernier pour former une rétine et un cristallin. Des fibres nerveuses constituent un nerf reliant à la partie distale la partie proximale ; celle-ci est creuse et en communication avec le cerveau. Il y a arrêt dans le développement de l'organe, sans dégénérescence. Il existe un trou pariétal ;

3° Dans le type *Hatteria*, l'organe pinéal a atteint la plus grande perfection. L'œil est formé d'un cristallin, d'une rétine à texture histologique compliquée. Un nerf met en communication la rétine avec le cerveau ;

4° Le type orvet nous montre un œil à structure compliquée, mais altéré par la dégénérescence pigmentaire. L'adulte possède une épiphyse creuse. Le plus souvent il n'existe pas de nerf (fig. 52 et 53).

Entre les quatre types que nous venons d'énumérer, on rangerait facilement tous les lacertiliens qui ont été étudiés.

A notre travail présenté en 1888 comme thèse à l'Université de Bruxelles, nous avons joint une série de propositions parmi lesquelles se trouvait celle-ci : « Chez l'orvet, l'œil pinéal (appelé depuis œil pariétal) est variable dans sa forme ; on peut le considérer comme un organe dont la régression est actuellement très rapide. » Nos observations nous permettent d'appliquer la même proposition pour ce qui concerne le lézard vivipare et *Seps calcidica*, et il est probable qu'on peut l'étendre à toute la série des lacertiliens.

Les variations que nous venons d'analyser constituent autant de preuves à l'appui de la thèse qui précède.

Chez l'orvet et le lézard vivipare adulte, l'œil pariétal ne fonctionne probablement plus actuellement; tout au moins sa fonction doit-elle se trouver bien amoindrie. *Cet organe n'est donc plus soutenu dans sa stabilité anatomique par son rôle physiologique; nous le voyons ainsi varier jusque dans son mode de formation. Il n'a plus d'anatomie fixe, en un mot, celle-ci est inconstante.*

Nous avons eu l'occasion d'observer beaucoup d'organes pariéto-épiphysaires, tant chez l'adulte que chez l'embryon, et ce qui nous a le plus frappé, ce sont les différences de structure très profondes que l'on constate d'un animal à l'autre. D'autres auteurs ont d'ailleurs signalé, en même temps que nous, cet état de choses. Il se fait, par exemple, que dans une même femelle, comme Prenant et nous l'avons constaté, on trouve la plupart des embryons sans yeux pariétaux accessoires, tandis qu'un seul sujet est affecté de cette anomalie; l'inverse peut également avoir lieu.

L'orvet adulte qui portait l'œil pariétal accessoire que nous avons étudié plus haut provenait du fossé qui entourait l'un des fortins (lunettes) de l'ancienne citadelle de Namur. Nous avions capturé là une quinzaine de sujets. Il est matériellement impossible à un animal de cette taille, une fois tombé dans le fossé, d'en sortir ; les orvets trouvés ainsi avaient donc certainement des liens de parenté. Ils provenaient d'un ou de plusieurs couples qui avaient été précipités là. Or, il se fait qu'aucun autre sujet capturé ne possédait d'œil accessoire, et il se fait encore que les yeux pariétaux de chacun de ces orvets présentaient les plus grandes différences.

Ces différences, ces variations, constatées d'ailleurs sur des orvets d'autres provenances, sont les suivantes : la cavité de l'œil peut être plus ou moins réduite; elle peut manquer complètement; elle peut être remplie de pigment; le cristallin se montre également plus ou moins pigmenté; la rétine offre le même caractère que ce dernier; au lieu d'être constituée d'une série de couches que les auteurs ont décrites, elle est quelquefois formée de cellules cuboïdes entassées sans ordre. L'épiphyse elle-même est affectée aussi d'anomalies analogues.

Enfin, dans certains cas, la présence de ces variations est presque aussi fréquente que leur absence. Elles semblent même, tout en se répétant souvent, ne pas se transmettre par hérédité d'un individu à l'autre, sans que l'on sache expliquer cet étrange phénomène. Elles nous paraissent comme accidentelles, comme nées récemment, n'ayant pas eu le temps de s'implanter ancestralement, si l'on nous permettait de rendre ainsi notre pensée.

Elles atteignent l'œil dans sa structure au point qu'on peut les regarder comme une suite de régressions organiques qui prennent leur origine dans la nécessité de faire disparaître un organe qui n'a plus de fonction De tous ces faits, nous concluons que la tendance à cette disparition est, dans l'époque présente, très active.

Dans la variation de formation des deux organes pariéto-épiphysaires chez l'orvet et le lézard vivipare, aux dépens d'une seule ébauche, nous voyons une tendance à la suppression de l'œil pariétal quand la séparation ne se produira plus.

Les yeux pariéto-épiphysaires, ainsi que la paraphyse, constituent des organes rudimentaires parce que, organisés pour un but déterminé, ils ne remplissent plus, ou les remplissent imparfaitement, les fonctions auxquelles ils étaient destinés. Il en est ainsi des yeux de la taupe, qui ne voient plus et qui sont recouverts par la peau; des ceintures scapulaire et pelvienne de l'orvet; des membres atrophiés de *Seps calcidica*, et de tant d'autres que nous ne croyons pas nécessaire d'énumérer ici. Tous ces organes, jadis actifs, cessant de fonctionner, ont fini par s'atrophier, faute d'exercice. L'hérédité les transmet, les lègue, de plus en plus dégradés, d'une génération à l'autre, jusqu'à ce qu'ils disparaissent. Les variations, toutes dans le sens de la régression, que nous avons directement observées chez l'orvet et autres lacertiliens, sont autant d'échelons répondant à la disparition graduelle des organes pariéto-épiphysaires.

L'étude de ces organes constitue une base solide pour appuyer de preuves objectives les théories transformistes. Les observations qui ont été faites depuis plus d'un quart de siècle concernant les yeux pariéto-épiphysaires ont, à notre sens, une importance capitale. Les recherches nombreuses relatives aux autres organes rudimentaires n'ont pas donné des résultats aussi féconds. Possédant un matériel considérable concernant ce sujet, il nous a paru que le public éclairé qui nous écoute tirerait quelque profit de l'étude objective à laquelle nous avons eu l'extrême plaisir de l'associer, grâce aux projections lumineuses.

Si nous avions traité ce sujet par un discours sans démonstration, il se pourrait que les personnes qui nous écoutent eussent une opinion sur la question, objet de l'allocution ; par la démonstration, nous croyons avoir donné à nos auditeurs l'occasion de se créer, non pas une opinion, mais une conviction concernant l'origine des organes pariéto-épiphysaires; elles ont eu, nous semble-t-il, l'occasion d'acquérir la connaissance personnelle des faits, sans laquelle il n'y a nul savoir, quand il s'agit de sciences naturelles.

NOTES

Cette communication, qui n'est en somme que le compte rendu d'un discours (mieux, d'une conférence) accompagné de projections lumineuses, ne peut comporter, à notre sens, de revue bibliographique. Nous renvoyons à ce sujet aux excellents travaux qui font une excellente étude des publications concernant le complexus pariéto-épiphysaire et intitulés : ZIRBEL, PARIETALORGAN UND PARAPHYSIS, par Gaup (*Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte*, VII. Band, 1897), et DIE PARIETALORGANE, par Studnicka (*Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere*, Albert Oppel, Iéna, 1905). On consultera avec fruit les excellents *Éléments d'embryologie de l'Homme et des Animaux*, par Prenant (Paris, 1896).

Plusieurs auteurs qui, dans ces derniers temps, se sont occupés de l'historique des travaux concernant notre sujet ont perdu de vue nos recherches publiées en 1887 et en 1894 dans les *Bulletins* de l'Académie de Belgique, et en 1896 dans les *Mémoires* de cette institution. Il en est de même de notre travail paru dans les *Archives de biologie* en 1888. Dans ces circonstances, il n'est pas tenu compte des résultats auxquels nous sommes arrivé alors, notamment pour ce qui concerne le nerf optique pariétal. Comme nous reproduisons dans les planches actuelles les mêmes préparations qui nous ont donné les photographies 5, 6, 7, 11 et 11$^{\text{bis}}$ (1887), 6, 7, 8, 10, 11, 15, 16 de 1888 sous les nouvelles photographies 42, 43, 44, 45, 50, 48 et 49, nous pensons qu'il convient en même temps de résumer, à cet égard, les conclusions de notre travail de 1894. Il importe, à notre sens, que l'histoire de la science soit vraie, et chacun doit s'efforcer, nous semble-t-il, à ce qu'il en soit ainsi.

« Dans notre communication préliminaire présentée à l'Académie le 6 août 1887 et insérée dans les *Bulletins* de décembre de la même année, le nerf optique pariétal est décrit en même temps qu'il est figuré par les photographies 11, 11bis et 16. Dans *Ienaische Zeitschrift* (1), tome XXI, Béraneck s'occupe également du nerf optique pariétal. Le *Bulletin de l'Académie* a paru avant ou en même temps que le fascicule de la revue d'Iéna. Cependant Béraneck, ignorant l'existence de notre travail inséré dans le *Bulletin*, réclame pour lui la découverte du nerf optique pinéal embryonnaire chez l'orvet; il ne cite dans ses écrits que notre mémoire présenté comme thèse et paru dans les *Archives de biologie.* Pour ce qui nous concerne, quoique notre travail ait été présenté le 6 août 1887, nous nous contenterons de constater que la découverte du nerf dont il s'agit a été faite par Béraneck et par nous en même temps.

» En 1887, ni Béraneck ni moi nous n'avons vu exactement le point d'origine du nerf dans la voûte du troisième ventricule.

» Nous désirons encore appeler l'attention sur ce point : Béraneck représente l'ébauche du nerf pinéal dans sa figure schématisée (fig. 6) (*Anatomischer Anzeiger*, 1892, n^{os} 21 et 22). Si l'on considère les figures 1, 7, 8, 6, 5 des *Bulletins* ainsi que celles représentées dans les *Archives*, 1, 7, 8, 10 et 11, et si, par la pensée, on reconstitue l'ensemble, on verra que l'ébauche du nerf d'après Béraneck n'est autre chose que ce que nous avons appelé *cordon cellulaire*, et qui était pour nous l'ébauche du nerf optique pariétal. A la page 34 de notre thèse, nous constatons que l'amas de cellules a l'aspect d'un court pédicule dont les cellules reposent sur la voûte même du cerveau antérieur (voir fig. 8 de la thèse). Le point où repose le pédicule est précisément le *centre* ou *noyau parietal* de Béraneck. Quant à l'origine des cellules qui forment le cordon, elles dérivent non pas de l'épiphyse, mais de la *paroi inférieure de l'œil* (p. 33 de notre thèse).

» Pour ce qui concerne les rapports du cordon, nous admettons les idées développées par Béraneck, qui a trouvé que le nerf aboutissait dans le cerveau au centre optique pinéal. Dans le résumé oral que nous avons fait devant les Facultés des sciences et de médecine de Bruxelles, en février 1889, nous avons constaté que le point d'origine du nerf dans le cerveau était une petite commissure siégeant à la voûte du thalamencéphale, exactement là où Béraneck a fixé le centre optique pinéal; nous n'avons rien publié à cet égard; nous laisserons donc à Béraneck la priorité de la découverte du centre optique pinéal, en même temps que des points d'origine du nerf arrivant au centre optique. Si nous nous appesantissons quelque peu sur ces derniers faits, c'est uniquement pour montrer qu'il n'y a pas divergence d'opinion entre les auteurs qui assurent que ce nerf optique existe réellement. Cependant il y a de grandes anomalies dans la structure des organes pariéto-épiphysaires, et l'une de ces anomalies, c'est l'absence du nerf optique pariétal; ainsi, aux stades où ce nerf a été constaté par Béraneck, Strahl, Martin et nous, il peut se faire que l'on n'en rencontre pas la moindre trace chez des embryons dont tous les tissus ont été parfaitement conservés par les liquides fixateurs.

---

(1) Béraneck, Ueber das Parietalauge der Reptilien. (*Ienaische Zeitschrift für Naturw.*, XXI. Bd, N. F., XIV, 1887.)

» Nous espérons d'ailleurs revenir bientôt sur ce sujet.

» Dès maintenant, constatons encore qu'ayant traité par la méthode de Golgi un embryon d'orvet au stade où le nerf optique pariétal existe, nous avons vu les fibrilles de ce nerf colorées en noir. Malheureusement la préparation ne s'est pas conservée comme nous l'espérions, et nous ne pouvons en donner une figure convenable. »

EXPLICATION DES PLANCHES.

Indications communes à toutes les planches.

a	Cerveau antérieur.
b	— intermédiaire.
c	— moyen.
d	— pénultième.
e	— postérieur.
v^2	Ventricules latéraux, v^3 troisième ventricule, v^4 quatrième ventricule.
s	Paraphyse.
o	Œil pariétal.
e	Épiphyse.
tb.	Tubercules bijumeaux.
aq.	Aqueduc de Sylvius.
px^3	Plexus choroïdes du troisième ventricule.
px^4	— — du quatrième ventricule.

PLANCHE I (phot. 1 et 2).

Phot. 1. — Embryon de poulet entier, 33 heures de couvaison. *s. m.*, sillon médullaire; objectif 70 millimètres de Zeiss, grossissement 10 diamètres.

Phot. 2. — Embryon de poulet, 40 heures de couvaison. Objectif 70 millimètres de Zeiss, grossissement 10 diamètres.

PLANCHE II (phot. 3, 4 et 5).

Phot. 3. — Coupe horizontale de l'embryon précédent. Objectif 16 millimètres de Zeiss, oculaire compensateur 2, grossissement 50 diamètres.

Phot. 4. — Coupe de l'embryon précédent (phot. 2) prise à un niveau plus bas que la précédente; *o*, vésicules oculaires primitives; *n*, neuropore antérieure.

Même combinaison optique et même grossissement que pour la photographie 3.

Phot. 5. — Embryon de poulet, 45 heures de couvaison. Même combinaison optique et même grossissement que 1 et 2.

PLANCHE III (phot. 6 et 7).

Phot. 6. — Embryon de poulet, fin du troisième jour de couvaison, coupe sagittale; *nt*, pilier moyen du crâne; objectif 3 de Nachet sans oculaire; amplification 18 diamètres.

Phot. 7. — Embryon de poulet, coupe antéro-postérieure, 4 $^1/_2$ jours d'incubation; *p*, commissure postérieure. Même combinaison optique et même amplification que pour la photographie 6.

PLANCHE IV (phot. 8 et 9).

Phot. 8. — Embryon d'orvet, coupe antéro-postérieure. Objectif 3 de Nachet. Amplification 35 diamètres. Coupe figurée dans notre travail de 1894 (fig. 1).

Phot. 9. — Même embryon qu'en 8; coupe à un niveau inférieur; *o*, paroi de l'appareil pariéto-épiphysaire; *s*, paraphyse.

Pour le reste, mêmes indications que pour la photographie 8.

PLANCHE V (phot. 10 et 11).

Phot. 10. — Même embryon qu'en 8 et en 9, coupé à un niveau plus bas; *s*, paraphyse. Mêmes indications que pour 8 et 9.

Phot. 11. — Embryon représenté en 8; coupe longitudinale de l'appareil pariéto-épiphysaire; *o*, œil pariétal; *e*, tige épiphysaire. A ce stade, les deux organes sont séparés et indépendants. Objectif apochromatique NA = 0,30, 16 millimètres; oculaire projecteur 2; grossissement 125 diamètres. Photographie 18 de notre travail de 1884.

PLANCHE VI (phot. 12 à 20).

Phot. 12. — Coupe antéro-postérieure d'un embryon d'orvet; *o*, œil pariétal; *e*, tige épiphysaire. Objectif NA = 0,95 de Zeiss; oculaire 2 projecteur; amplification 280 diamètres. (Voir phot. 6 de notre travail de 1888.)

Phot. 13. — Embryon d'orvet, coupe longitudinale de l'appareil pariéto-épiphysaire; *o*, œil pariétal; *e*, tige épiphysaire. Même combinaison optique et même amplification que pour la photographie 12.

Phot. 14. — Embryon d'orvet, coupe longitudinale des organes pariéto-épiphysaires; *o*, œil pariétal; *e*, tige épiphysaire. Mêmes indications que pour la photographie précédente. (Phot. 9 du travail de 1888.)

Phot. 15. — Embryon d'orvet au même stade que l'embryon représenté par la photographie 8; mêmes indications que pour cette dernière photographie. Amplification un peu moindre. Ici il n'y a pas la moindre trace de l'ébauche de la tige épiphysaire à l'arrière de la digitation pariétale *o*. — *Type régressif.* (Voir phot. 5 de notre travail de 1894.)

Phot. 16. — Embryon d'orvet, coupe des organes pariéto-épiphysaires représentés par la photographie 15; *oe*, rudiment de l'œil pariétal. Le rudiment de l'épiphyse n'existe pas. Mêmes indications que pour la photographie 11; amplification un peu moindre.

Phot. 17. — Embryon d'orvet, coupe sagittale correspondant à un embryon un peu plus âgé que celui représenté par la photographie 15. Mêmes indications que pour cette photographie. Grossissement un peu moindre. (Phot. 33 de notre travail de 1896.)

Phot. 18. — Embryon d'orvet, coupe antéro-postérieure; *oe*, organes pariéto-épiphysaires; grossissement, 20 diamètres. (Phot. 11 de 1896.)

Phot. 19. — Voûte du cerveau intermédiaire dans le plan médian de l'embryon représenté par la photographie 18 depuis la paraphyse *s* jusqu'à la commissure postérieure *p*; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse. (Phot. 16 de 1896.)

Phot. 20. — Organes pariéto-épiphysaires représentés par la figure 19; amplification 240 diamètres.

PLANCHE VII (phot. 18bis, 21, 22, 23, 25, 26, 27 et 28).

Phot. 18bis. — Embryon d'orvet, coupe antéro postérieure; *o*, rudiment de l'œil pariétal; *e*, rudiment de l'épiphyse. Objectif apochromatique NA = 0,30 de Zeiss, foyer 16 millimètres, oculaire projecteur 2. Amplification 48 diamètres.

Phot. 21. — Embryon d'orvet, coupe antéro-postérieure; *a*, cerveau antérieur; *s*, paraphyse; *b*, cerveau intermédiaire; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; *c*, cerveau moyen. Amplification 21 diamètres. (Phot. 12 de 1896.)

Phot. 22 et 23. — Voûte du cerveau intermédiaire de l'embryon précédent depuis la paraphyse *s* jusqu'à la commissure postérieure *p*; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse. Amplification 77 diamètres. (Phot 19 et 20 de 1896.)

Phot. 25. — Embryon de *Lacerta vivipara*, coupe antéro-postérieure; *a*, cerveau antérieur; *b*, cerveau intermédiaire; *c*, cerveau moyen; *o*, diverticule qui fournira l'œil pariétal, *e*, diverticule qui représente l'épiphyse. Amplification 50 diamètres. (Phot. 3 de 1896.)

Phot. 26. — Amplification de l'organe pariéto-épiphysaire figuré à un faible grossissement dans la photographie précédente. Amplification 270 diamètres. (Phot. 7 de 1896.)

Phot. 27. — Embryon de *Lacerta vivipara*, coupe antéro-postérieure; *o*, diverticule qui fournira l'œil pariétal; *e*, diverticule qui représente l'épiphyse. Amplification 50 diamètres. (Phot. 2 de 1896.)

Phot. 28. — Amplification de la voûte cérébrale, représentée par la photographie 27. Amplification 270 diamètres. (Phot. 5 de 1896.)

PLANCHE VIII (phot. 24, 29, 30, 31, 32, 33 et 34).

Phot. 24. — Embryon de lézard vivipare, coupe sagittale des organes pariéto-épiphysaires; *o*, diverticule constituant le rudiment de l'œil pariétal; *e*, rudiment de l'épiphyse; *p*, commissure postérieure. Objectif 6 *a* à fluorite de Leitz; oculaire compensateur 2 de Leitz. Amplification 300 diamètres. Malgré le réseau de la simili-gravure qui éteint en partie la finesse du cliché primitif, on peut voir des cellules en division karyokinétique.

Phot. 29. — Embryon de *Lacerta vivipara,* coupe antéro-postérieure; *oe*, organes pariéto-épiphysaires. Amplification 50 diamètres. (Phot. 1 de 1896.)

Phot. 30. — Amplification des organes pariéto-épiphysaires représentés par la photographie précédente; *o*, œil pariétal, *e*, épiphyse. Amplification 270 diamètres. (Phot. 6 de 1896.)

Phot. 31. — Coupe sagittale d'un embryon de gecko. Objectif *aa* de Zeiss sans oculaire; 20 diamètres.

Phot. 32. — Amplification des organes pariéto-épiphysaires confondus en un seul diverticule représenté par la photographie 31. Objectif 6 à fluorite *a* de Leitz; oculaire 2 compensateur. Amplification 140 diamètres.

Phot. 33. — Embryon de *Lacerta vivipara*, à une amplification un peu plus considérable que pour les photographies 26 et 30 qui étaient représentées à un grossissement de 270 diamètres; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse. (Phot. 9 de 1896.)

Phot. 34. — Embryon de *Lacerta vivipara*, coupe antéro-postérieure des organes pariéto-épiphysaires; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse. Amplification 270 diamètres. (Phot. 13 de 1896.)

PLANCHE IX (phot. 35 à 40).

Phot. 35 et 36. — Embryon de *Lacerta vivipara,* coupe sagittale des organes pariéto-épiphysaires; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; 240 diamètres.

Phot. 37. — Embryon de *Lacerta vivipara*, coupe saggittale de la tête entière; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; objectif *aa* de Zeiss, sans oculaire. Amplification 50 diamètres.

Phot. 38. — Amplification des organes pariéto-épiphysaires représentés sur la photographie 37; *o*, œil pariétal; *e*, tige épiphysaire; *p*, commissure postérieure. Objectif 6*a* à fluorite de Leitz; oculaire 2 compensateur de Zeiss; grossissement : 250 diamètres.

Phot. 39. — Mêmes organes que ceux représentés sur la photographie 38, mais sur une coupe voisine du même embryon. Mêmes indications.

Sur cette photographie, on voit nettement le sillon annulaire qui doit séparer l'œil *o* de la tige épiphysaire *e*.

Phot. 40. — Embryon de lézard des murailles. NA = 0.30 de Zeiss; oculaire 4; 225 diamètres.

PLANCHE X (phot. 41).

Phot. 41. — Embryon d'orvet, coupe antéro-postérieure; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; objectif *aa* de Zeiss, sans oculaire. Amplification 50 diamètres.

Cette coupe a été reproduite en 1887 et en 1888, mais à une plus faible amplification. (Phot. 1 de nos mémoires.)

PLANCHE XI (phot. 42 à 47 et 50).

Phot. 42 et 43. — Amplification de la voûte du troisième ventricule de l'embryon représenté par la photographie 41. Objectif NA = 0.30, 16 millimètres de Zeiss. Amplification 48 diamètres. (Phot. 5 et 6 de 1887.)

Phot. 44 et 45. — Amplification de l'œil pariétal et de l'épiphyse correspondant à l'embryon représenté par la photographie 41

La photographie 45 montre la forme du cristallin futur; sous l'œil, on voit de grosses cellules formant le *cordon*, ébauche du nerf optique pariétal. La photographie 44 montre la cavité de l'épiphyse. (Phot 7 et 8 de 1887.)

Phot. 46 et 47. — Embryon un peu plus âgé que celui correspondant aux photographies 42 et 43. Mêmes indications que pour ces dernières photographies. (Phot. 12 et 13 de 1887)

Phot. 50. — Embryon d'orvet, peu avant la naissance; œil pariétal coupé longitudinalement; inférieurement et à droite, on voit le nerf optique pariétal pénétrant dans l'œil; on y distingue nettement des fibrilles nerveuses ainsi qu'une série de noyaux dont le grand axe est dirigé dans la longueur du nerf. On voit que la gaine du nerf se continue avec l'enveloppe conjonctivale de l'œil. Latéralement dans la rétine apparaît la couche moléculaire. (Phot. 21 du travail de 1888.)

PLANCHE XII (phot. 48 et 49).

Phot. 48. — Embryon d'orvet, coupe antéro-postérieure; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse venant aboutir à la commissure postérieure; *s*, paraphyse. On voit sans peine le nerf optique pariétal. Correspond à la photographie 11 de notre travail de 1887. Objectif NA = 0.30. 16 millimètres de foyer, de Zeiss; oculaire projecteur. Amplification 100 diamètres.

Phot. 49. — Coupe du même sujet que 48 à un niveau inférieur. On voit l'œil entier, avec le cristallin et la rétine; l'épiderme est un peu détaché, on voit en dessous le derme; *n*, nerf optique pariétal; dans ce nerf, on distingue sans peine quelques fibres nerveuses qui vont se perdre dans la rétine. Cette photographie correspond à celle qui a été reproduite sous le n° 11bis de notre travail de 1887. Objectif apochromatique NA = 0,95, 4 millimètres; oculaire compensateur 2. Amplification 200 diamètres.

PLANCHE XIII (phot. 51 et 52).

Phot. 51. — Embryon d'orvet, coupe sagittale. Voûte du cerveau intermédiaire; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; *s*, paraphyse; *ps*, plexus choroïde du troisième ventricule; *cp*, commissure postérieure. Objectif NA = 0,30, 16 millimètres de foyer, de Zeiss; oculaire 2 projecteur. Amplification 60 diamètres.

Phot. 52. — OEil pariétal coupé longitudinalement. La coupe montre l'épiderme; une couche de fibres transverses sectionnées; une couche de fibres longitudinales serrées et hyalines s'épaississant et prenant ce dernier aspect au-dessus de l'œil seulement; une couche de cellules du derme; on voit ensuite l'enveloppe piale de l'œil.

PLANCHE XIV (phot. 53 et 54).

Phot. 53. — Coupe transversale de l'œil pariétal d'un embryon d'orvet au même stade que celui qui a fourni la photographie 52; *r*, rétine.

Phot. 54. — Coupe de l'épiphyse de l'embryon précédent, passant par un niveau plus bas.

PLANCHE XV (phot. 55).

Phot. 55. — Embryon d'orvet, coupe longitudinale; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; *s*, paraphyse; *tb*, tubercules bijumeaux; *cv*, cervelet; *px*^{4}, plexus choroïde du quatrième ventricule; *v*^{2}, ventricules latéraux; *v*^{3}, troisième ventricule; *v*^{4}, quatrième ventricule. Objectif 70 millimètres de Zeiss. Grossissement 34 diamètres.

PLANCHE XVI (phot. 56 et 57).

Phot. 56. — Embryon de lézard, coupe sagittale; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse; *tb*, tubercules bijumeaux; *aq*, aqueduc de Sylvius; *cv*, cervelet; *px*, plexus choroïdes du quatrième ventricule; *v*^{3}, troisième ventricule; *v*^{4}, quatrième ventricule. Objectif *aa* de Zeiss sans oculaire. Grossissement 17 diamètres.

Phot. 57. — Embryon de gecko; *e*, organe pariéto-épiphysaire réduit à un seul diverticule, absence d'œil pariétal; *s*, paraphyse; *tb*, tubercules bijumeaux; *cv*, cervelet; *px*, plexus choroïdes du quatrième ventricule. Objectif *aa* de Zeiss sans oculaire. Grossissement 14 diamètres.

PLANCHE XVII (phot. 58, 59 et 60).

Phot. 58. — Orvet adulte, coupe sagittale de l'œil pariétal et organes voisins; *o*, œil pariétal accompagné de l'œil accessoire *y*; *e*, tige épiphysaire pigmentée à l'extrémité. Amplification 175 diamètres. (Phot. 23 de 1896.)

Phot. 59 — Embryon de *Lacerta vivipara*; *o*, œil pariétal; *n*, œil pariétal accessoire; *e*, épiphyse. Amplification 128 diamètres. (Phot. 14 de 1896.)

Phot. 60. — Embryon d'orvet; *n*, œil pariétal accessoire; *o*, œil pariétal; *e*, épiphyse. Amplification 280 diamètres. (Phot. 15 de 1896.)

PLANCHE XVIII (phot. 61 et 62).

Phot. 61. — Orvet adulte, coupe sagittale de l'œil pariétal : cristallin *cr* affecté d'un commencement de cataracte pigmentaire. Rétine à bâtonnets très pigmentés. Objectif apochromatique de Zeiss; oculaire 2 projecteur. Amplification 200 diamètres.

Phot. 62. — *Seps calcidica*, coupe sagittale d'une partie de la tête ; *o*, œil pariétal ; *e*, épiphyse ; *n*, nerf optique pariétal ; *cs*, commissure supérieure ; *t*, tubercules bijumeaux. Amplification 100 diamètres.

PLANCHE XIX (62^{bis} et 63).

Phot. 62^{bis}. — *Seps calcidica* ; *o*, œil pariétal ; *e*, épiphyse ; *n*, nerf optique pariétal ; *pl*, plexus du troisième ventricule ; *cs*, commissure supérieure ; *cp*, commissure postérieure. Objectif 6 *a* à fluorite de Leitz ; oculaire 2 compensateur. Amplification 150 diamètres.

Phot. 63. — Embryon de *Seps calcidica*, coupe sagittale de l'œil pariétal *o* et de l'épiphyse *e* ; *cr*, cristallin ; *n*, nerf optique montrant les fibres nerveuses partant de la commissure supérieure *cs* et aboutissant à l'œil ; px^3, plexus du troisième ventricule ; *s*, paraphyse. Objectif 6 *a* de Leitz à fluorite ; oculaire 2 projecteur. Amplification 300 diamètres.

PLANCHE XX (phot. 64 et 65).

Phot. 64. — Embryon de *Seps calcidica*, coupe sagittale de la tête entière ; *o*, œil pariétal ; *s*, épiphyse. Objectif *aa* de Zeiss sans oculaire. Grossissement 20 diamètres.

Phot. 65. — Embryon de chien, coupe transversale ; *a*, cerveau antérieur ; *b*, cerveau intermédiaire ; *o*, coupe oculaire secondaire. Objectif *aa* de Zeiss sans oculaire. Grossissement 20 diamètres.

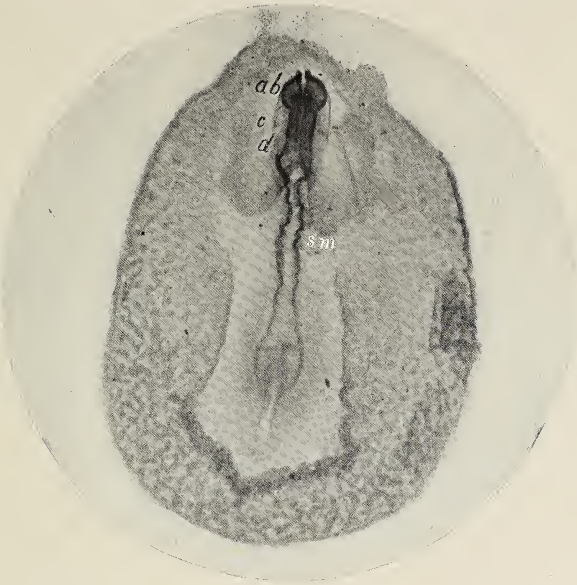
PLANCHE XXI (phot. 66 et 67).

Phot. 66. — Embryon de chien, section longitudinale de la coupe oculaire secondaire et du rudiment *n* du nerf optique ; *r*, rétine ; *cr*, cristallin. Objectif NA = 0,65 millimètres de Zeiss ; oculaire compensateur 2. Amplification 100 diamètres.

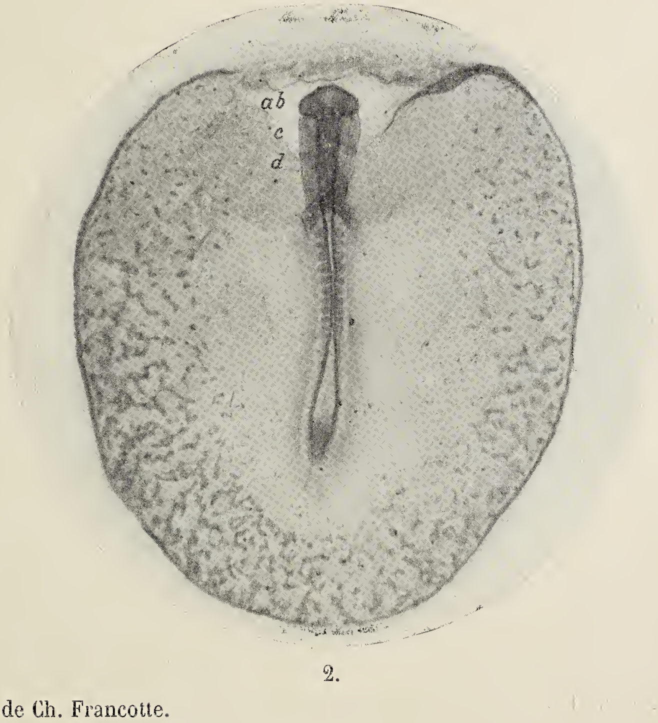
Phot. 67. — Embryon humain de douze semaines ; coupe sagittale de l'œil ; *r*, rétine ; *n*, nerf optique ; *cp*, épithélium pigmenté de la choroïde (de la rétine) ; *cr*, cristallin ; *hv*, humeur vitreuse encore vascularisée. Objectif de Zeiss *aa*. Amplification 20 diamètres.

Bull. de l'Acad. roy. de Belgique (Classe des sciences), nº 12, 1912.

Pl. I.



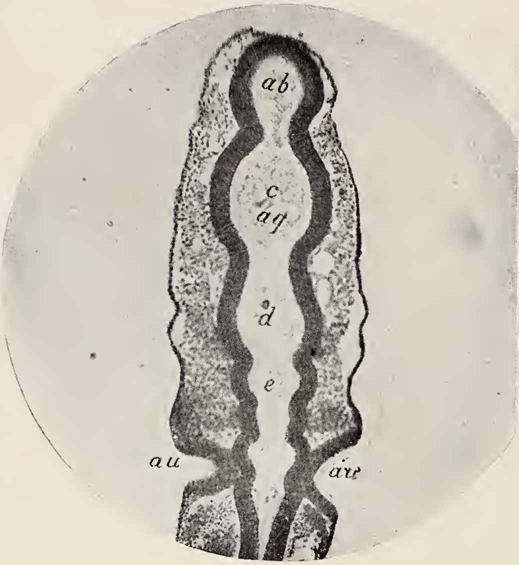
1.



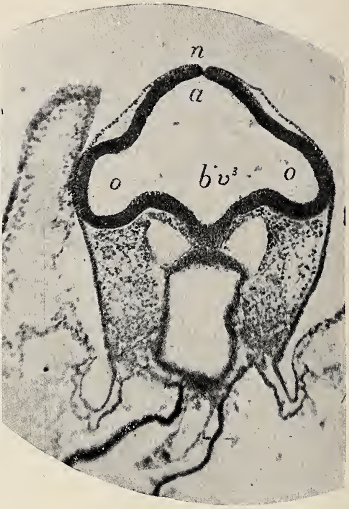
2.

Phot. de Ch. Francotte.

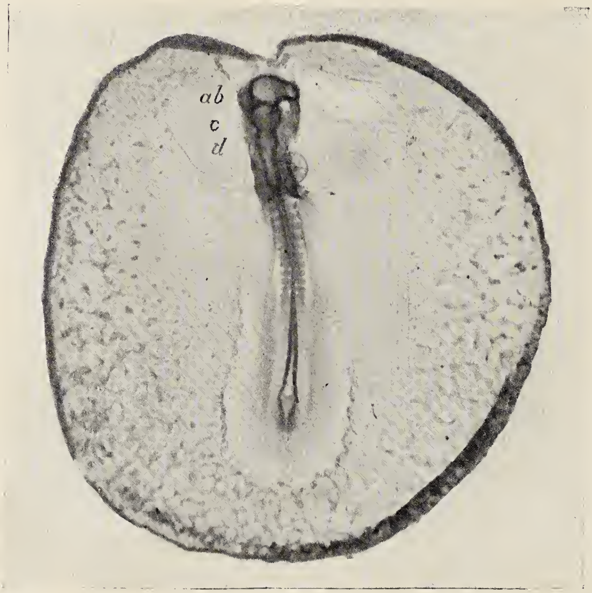
Pl. II.


ab
c
aq
d
e
au
au

3.



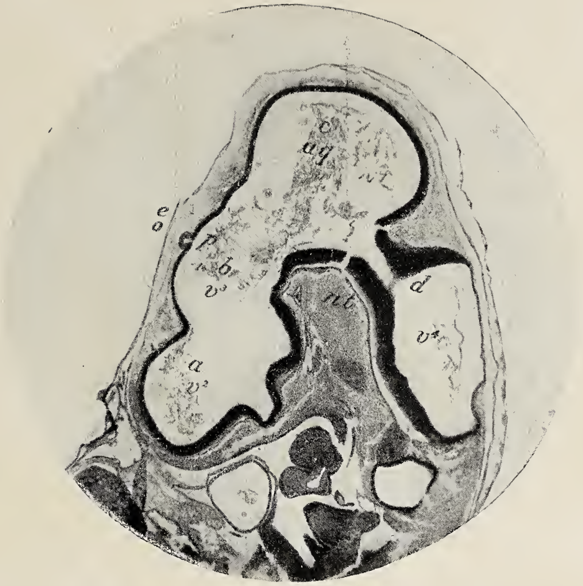
4.



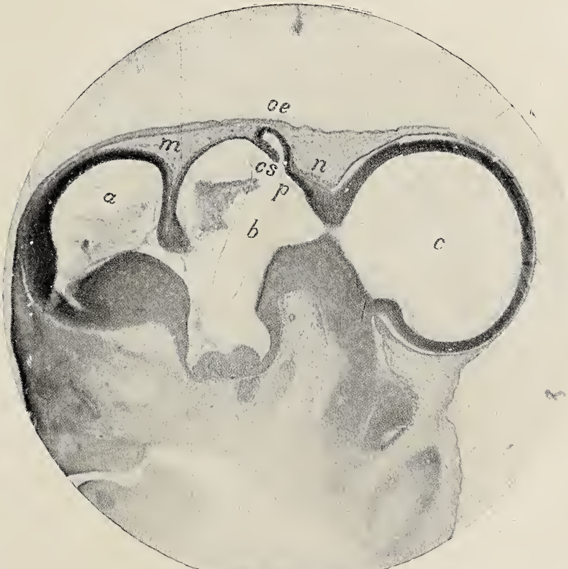
5.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. III.


c
aq
nt
oe
p
b
v^3
a
v^2
nt
d
v^4

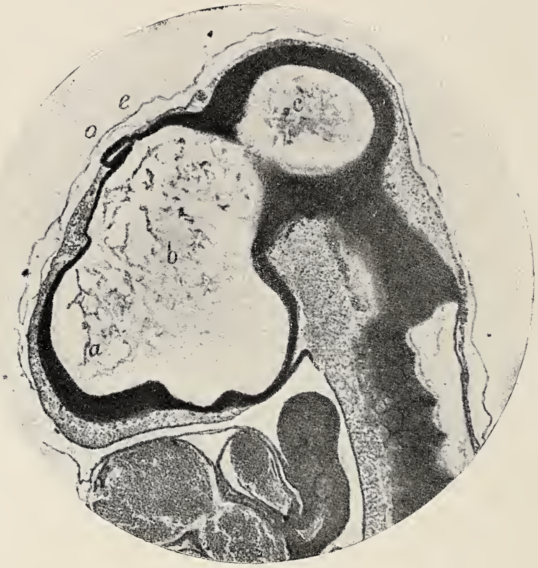
6.


oe
m
cs
n
a
p
b
c

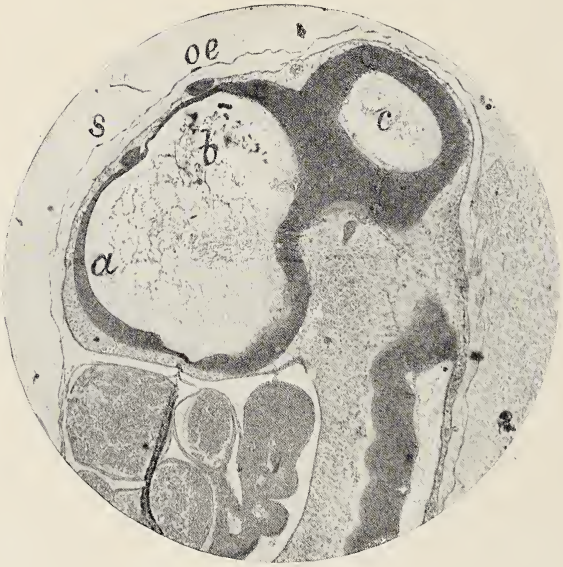
7.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. IV.

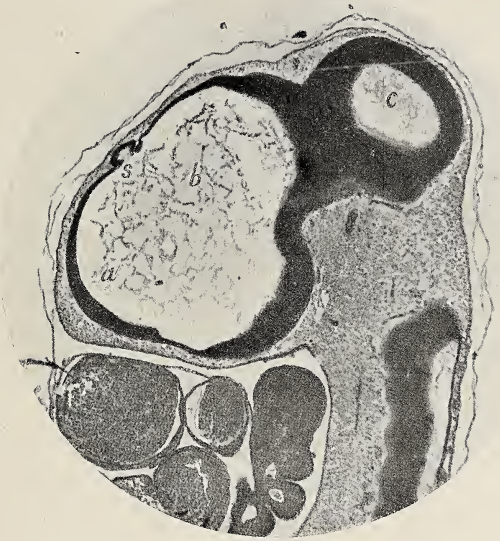


8.

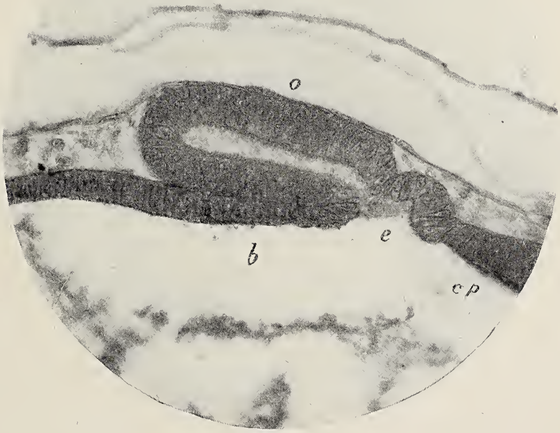


9.

Phot. de Ch. Francotte.



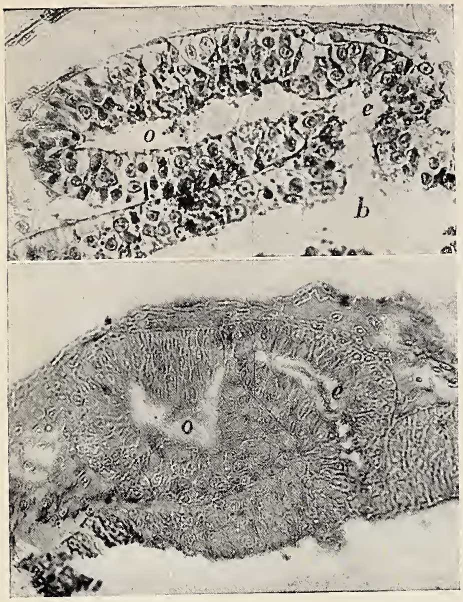
10.



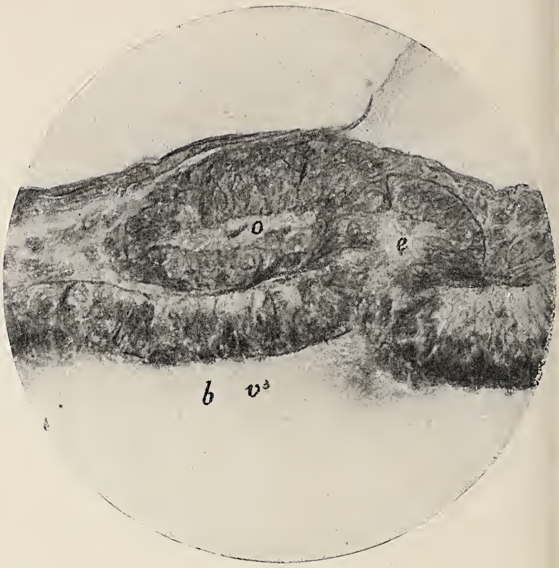
11.

Phot. de Ch. Francotte.

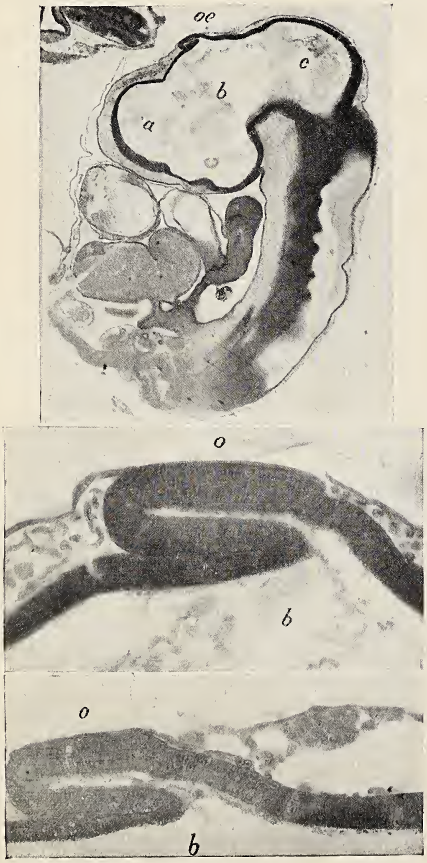
Pl. VI.



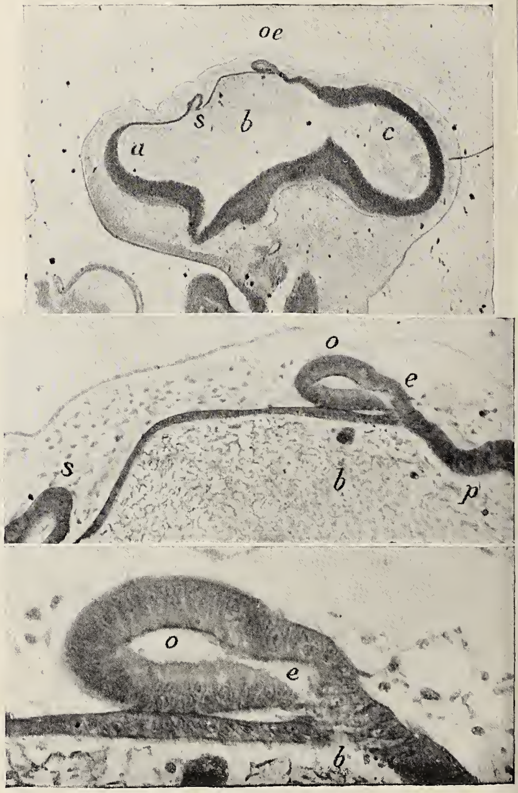
12 et 14.



13.

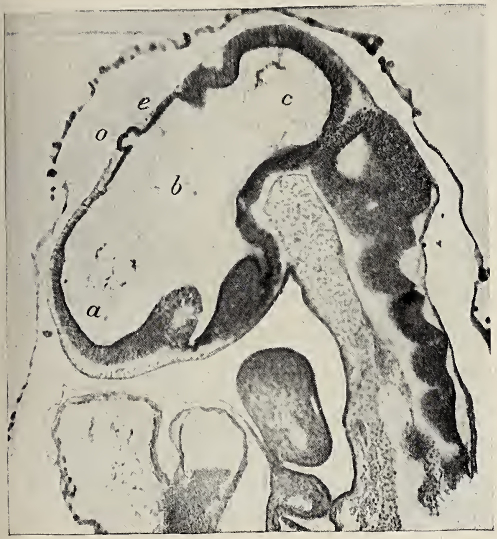


15, 16 et 17.

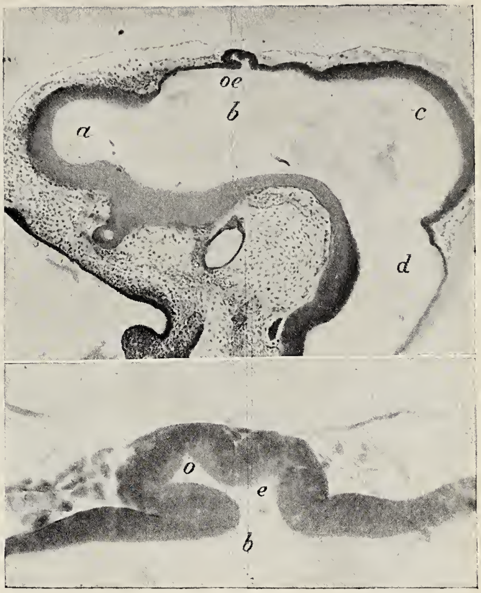

oe
s
b
c
a
o
e
s
b
p
o
e
b

18, 19 et 20.

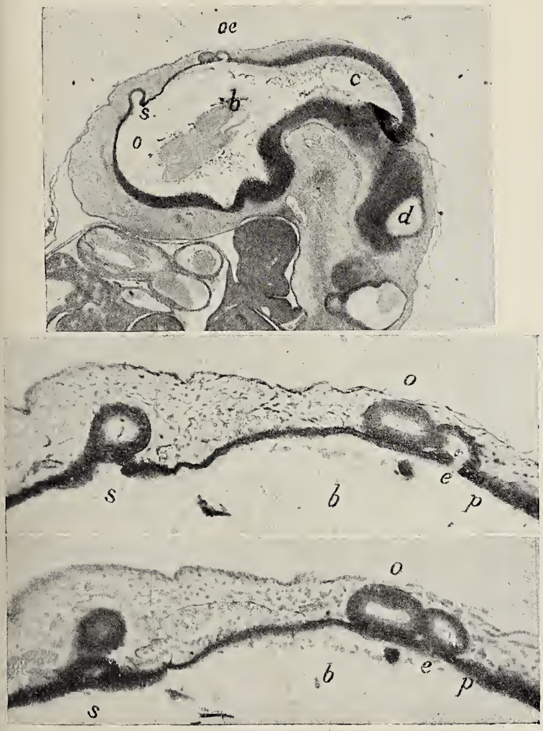
Phot. de Ch. Francotte.



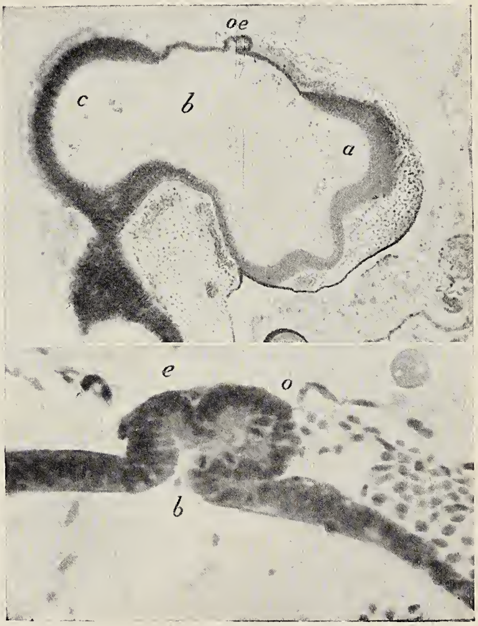
18bis.



25 et 26.


oe
c
s
b
o
d
o
s
b
e
p
o
b
e
p
s

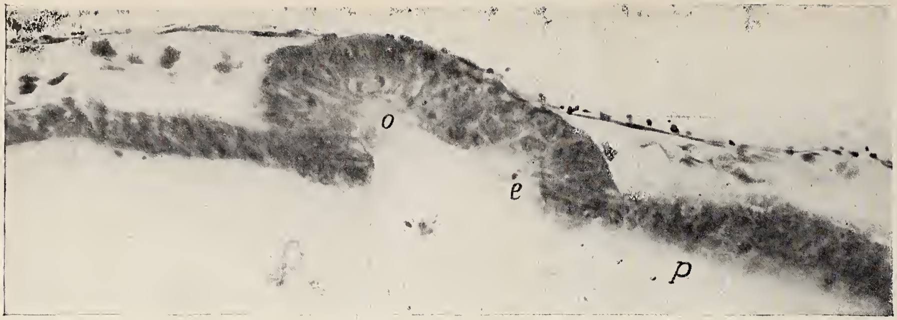
21, 22 et 23.



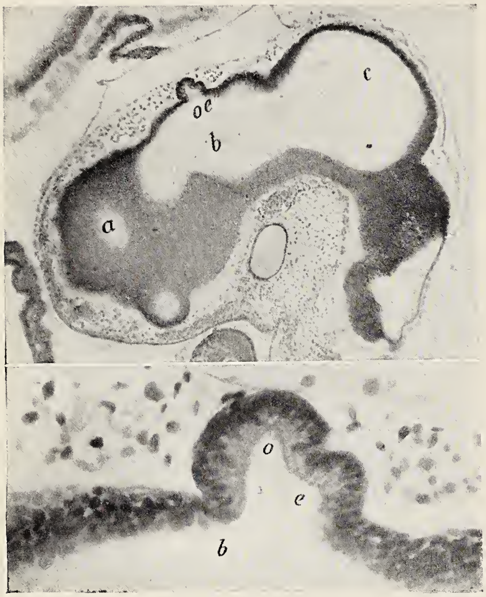
27 et 28.

Phot. de Ch. Francotte.

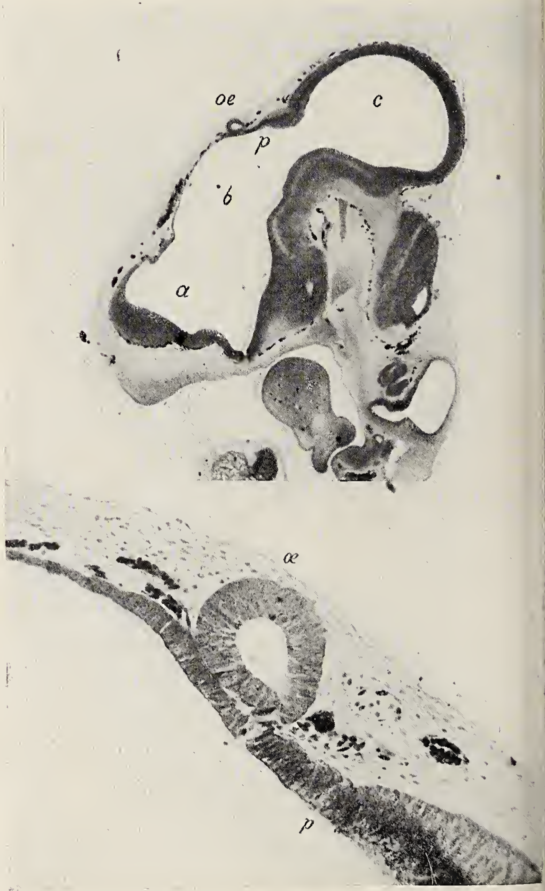
Pl. VIII.



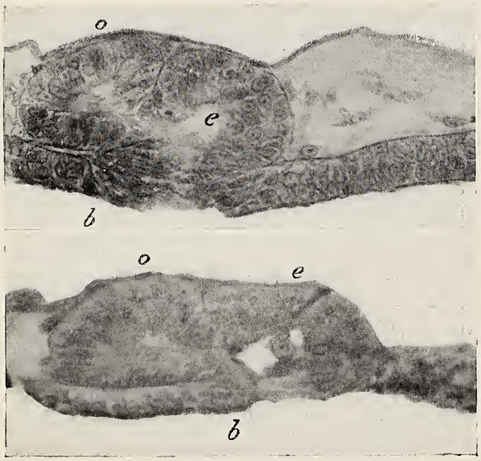
24.



29 et 30.

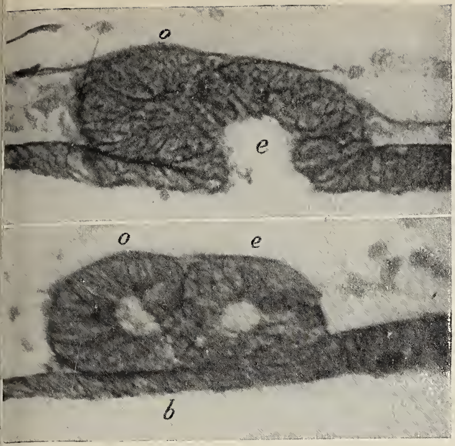


31 et 32.

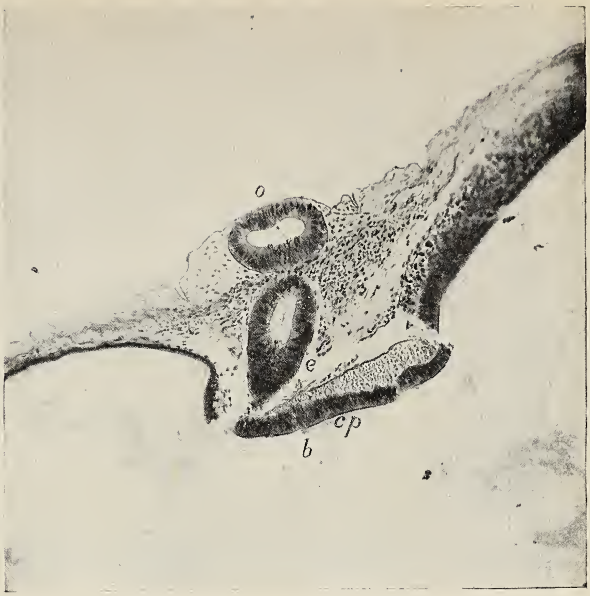


33 et 34.

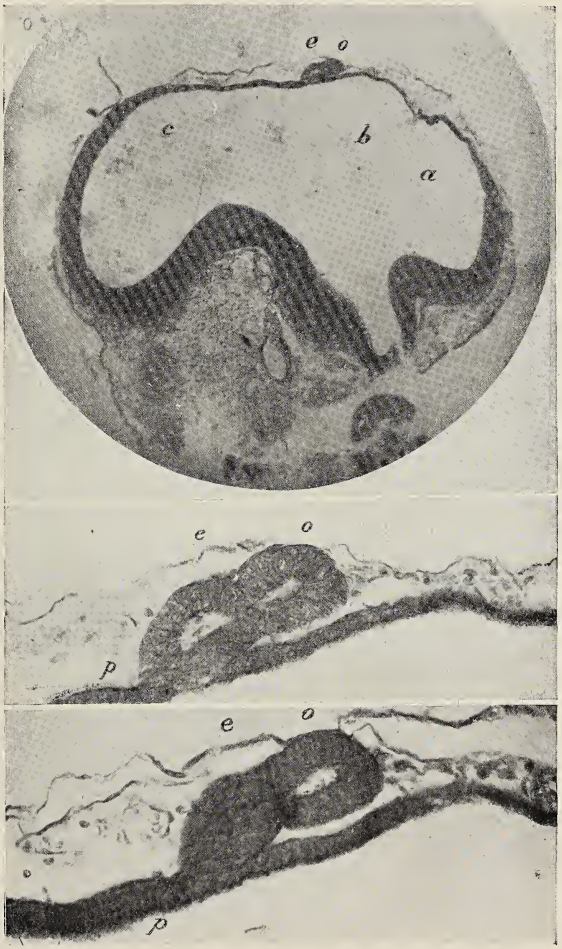
Phot. de Ch. Francotte.



35 et 36.



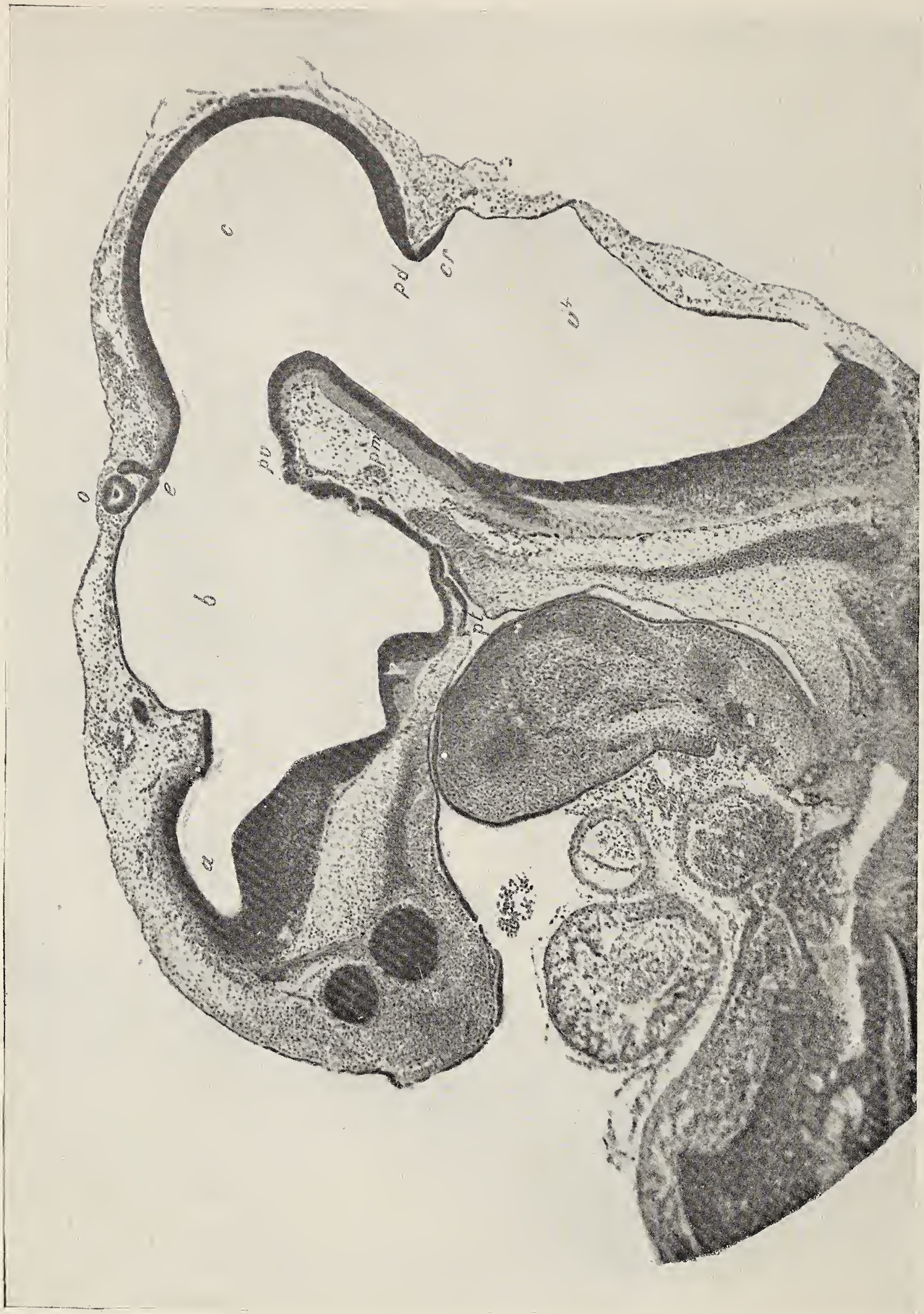
40.


o
e o
c
b
a
e
o
p
e
o
p

37, 38 et 39.

Phot. de Ch. Francotte.

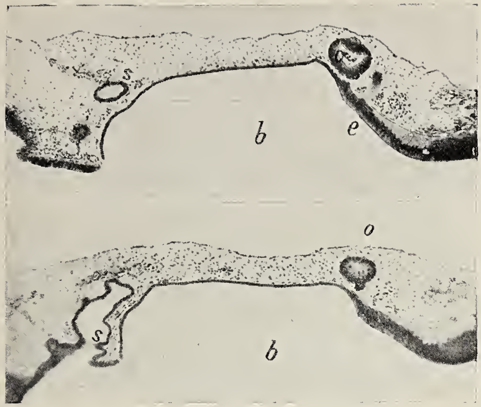
Pl. X.


c
pd
cr
vt
pm
pv
o
e
b
pl
a

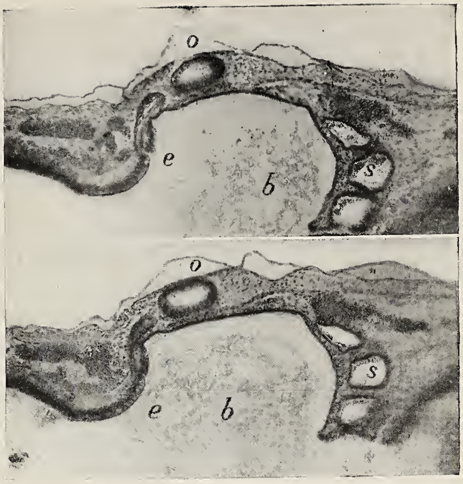
41.

Phot. de Ch. Francotte.

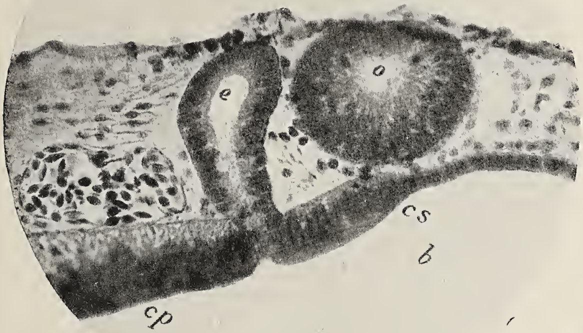
Pl. XI.



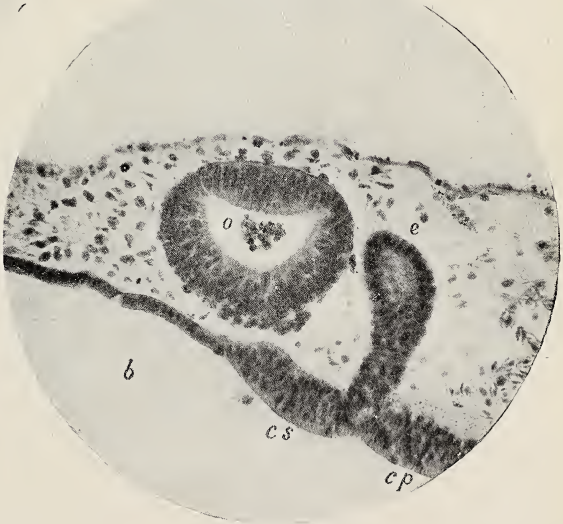
42 et 43.



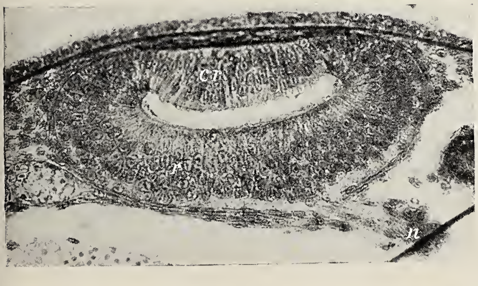
46 et 47.



44.

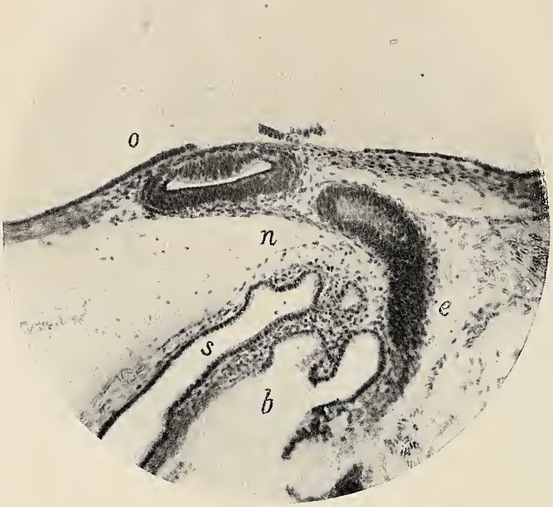


45.

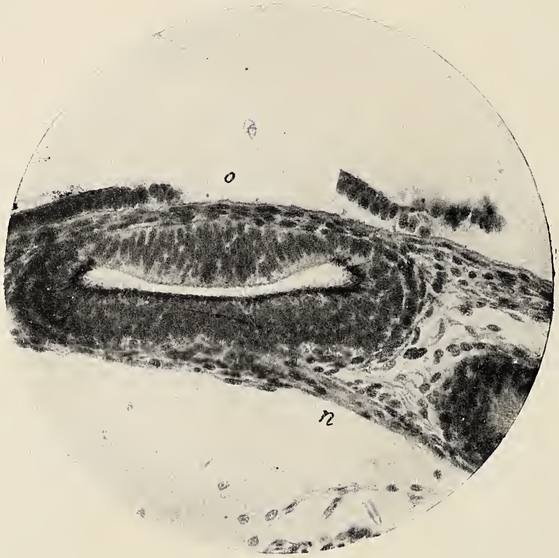


50.

Phot. de Ch. Francotte.

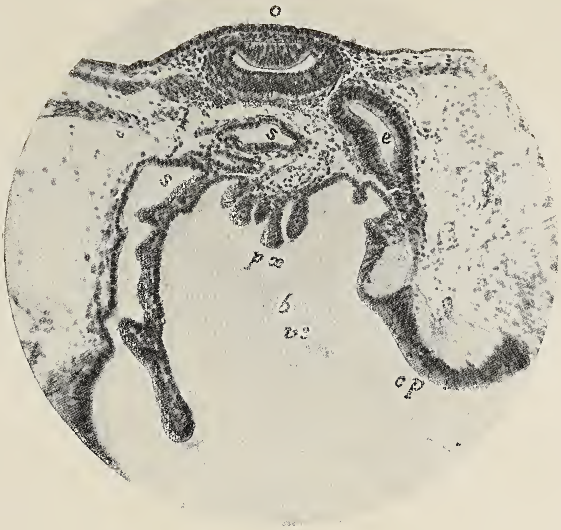


48.

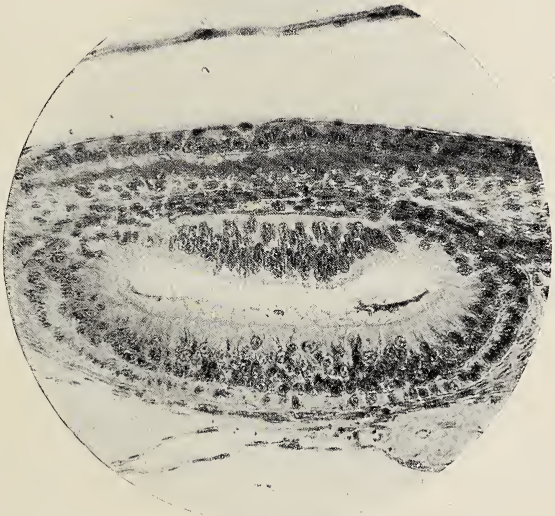


49.

Phot. de Ch. Francotte.

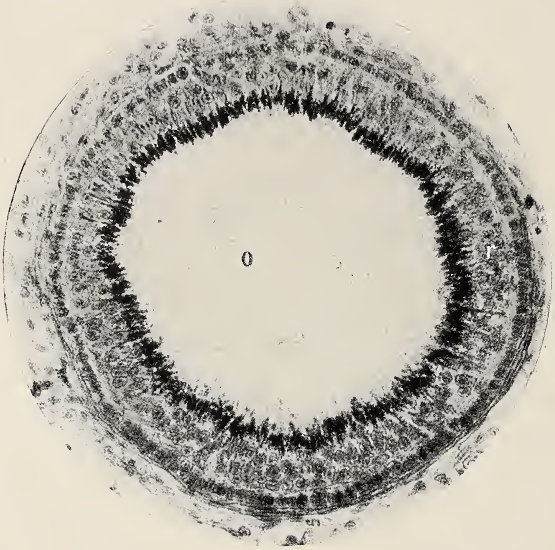

o
s
e
s
px
b
v2
cp

51.

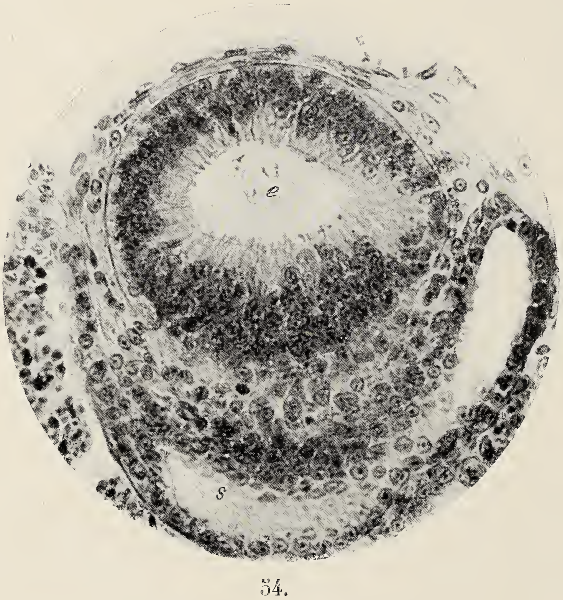


52.

Phot. de Ch. Francotte.

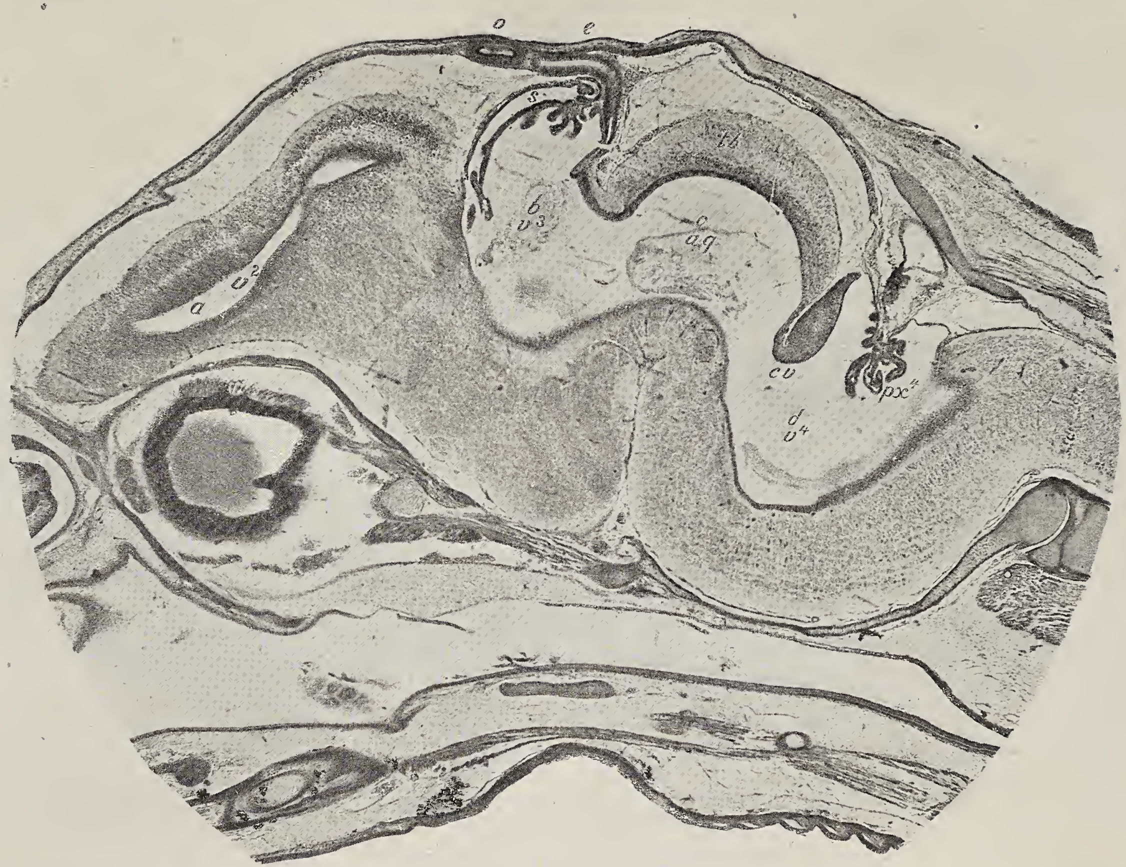


53.



54.

Phot. de Ch. Francotte.

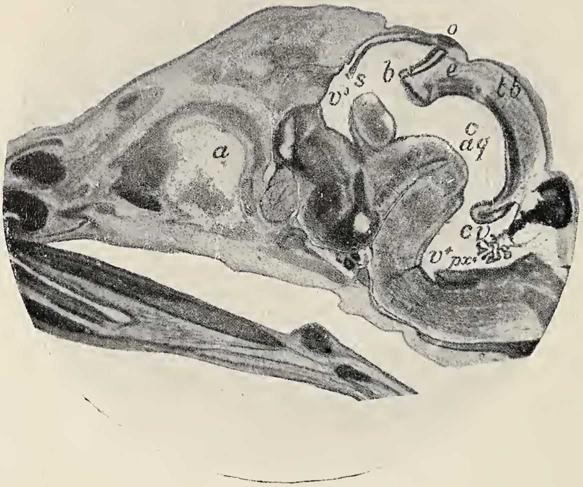


o
e
s
th
b
v^3
c
aq
v^2
a
cv
px^4
d
v^4

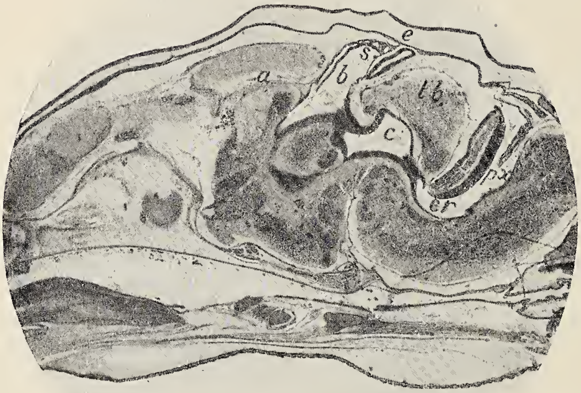
55.

Phot de Ch. Francotte.

Pl. XVI.


o
v'
s
b
e
tb
c
aq
a
cv
v+
px

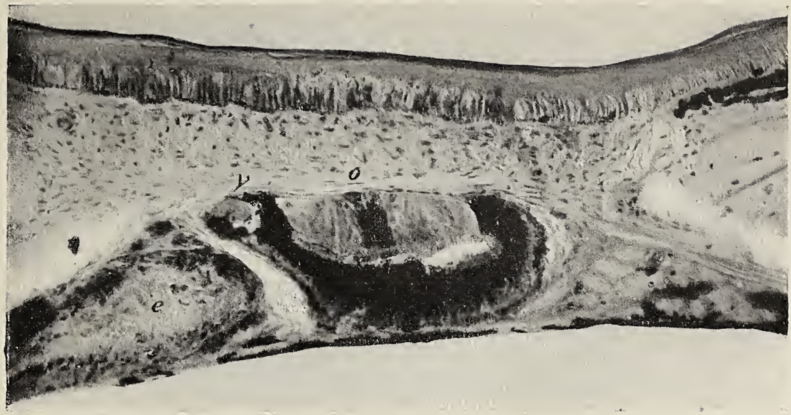
56.


e
s
a
b
tb
c
px
cr

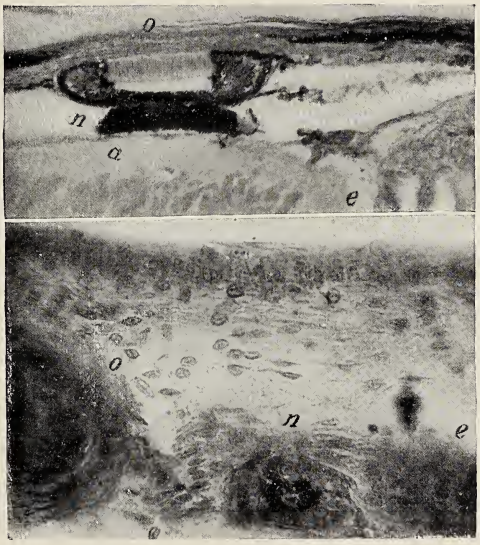
57.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. XVII.



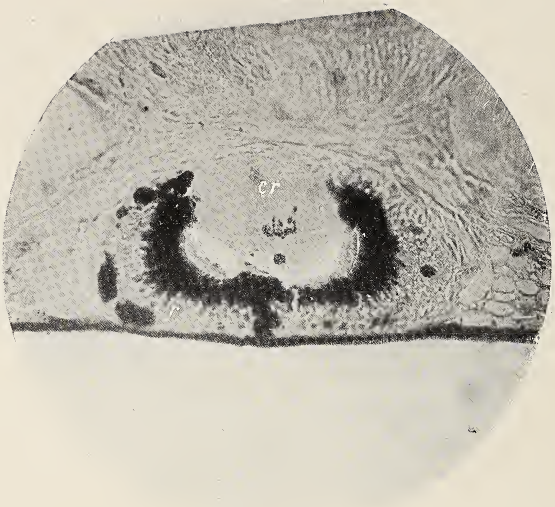
58.



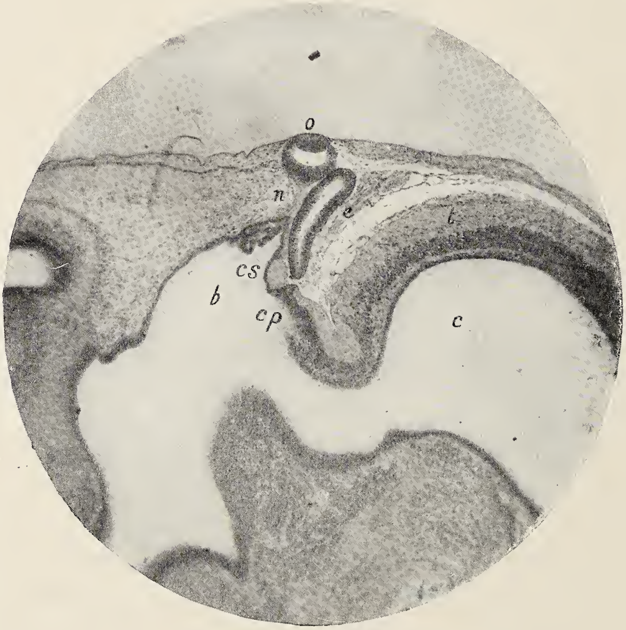
59 et 60.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. XVIII.



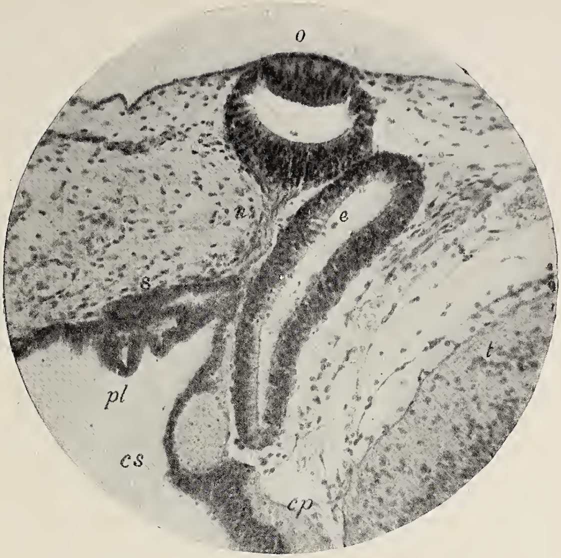
61.


o
n
e
t
cs
b
cp
c

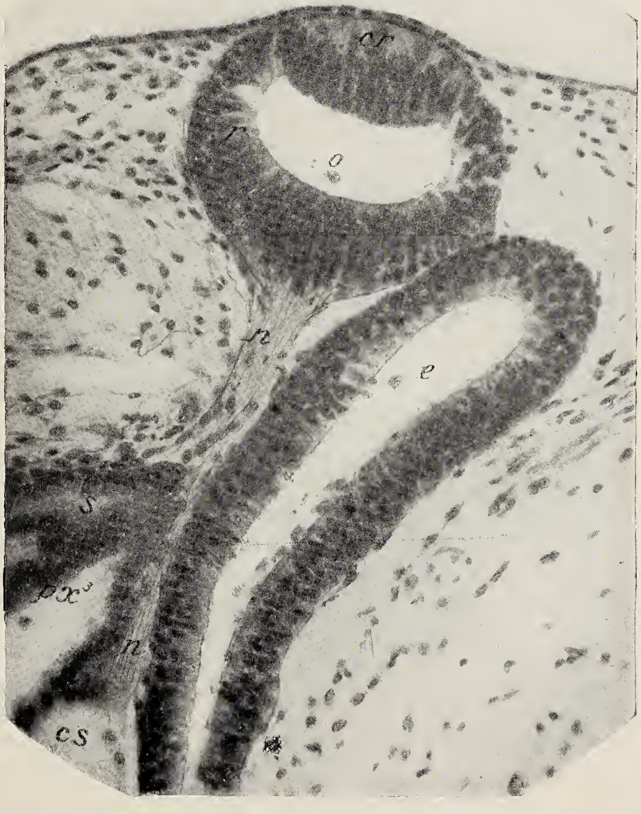
62.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. XIX.


o
n
e
s
t
pl
cs
cp

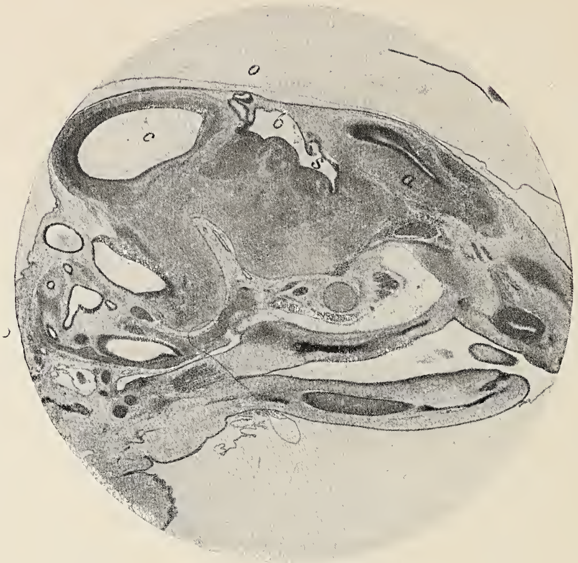
62bis.


cr
r
o
n
e
s
px³
n
cs

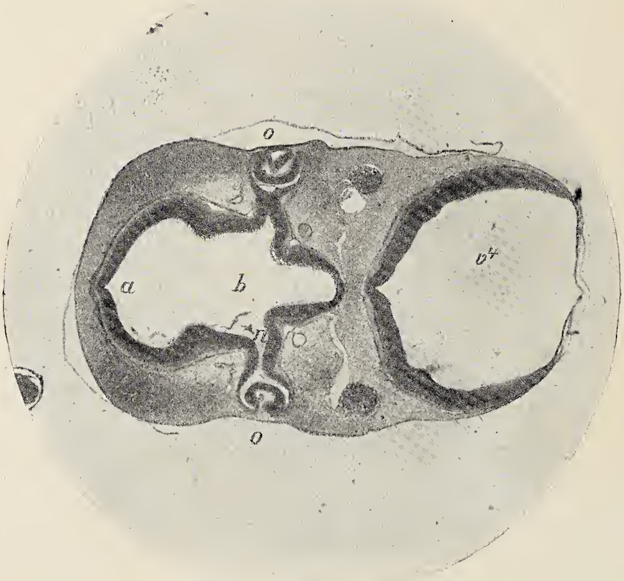
63.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. XX

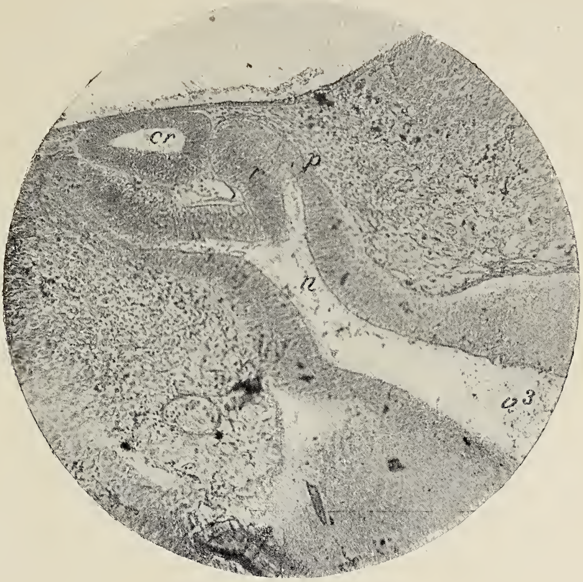


64.

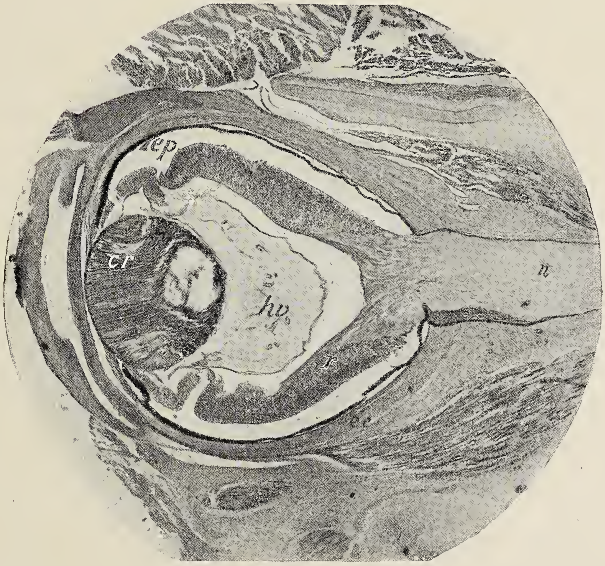


65.

Phot. de Ch. Francotte.

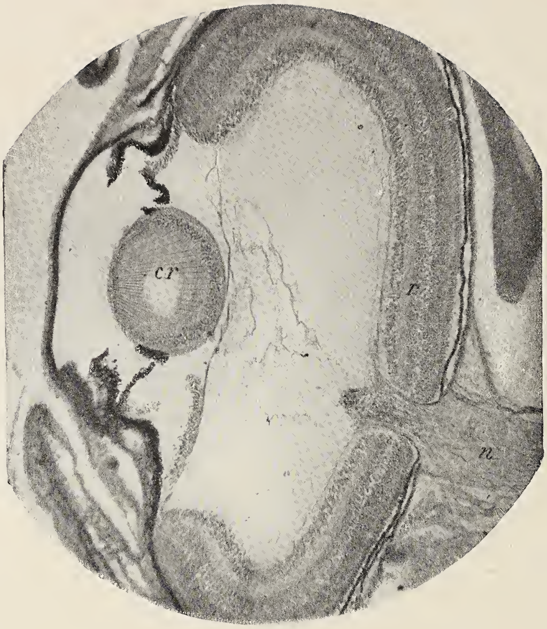


66.

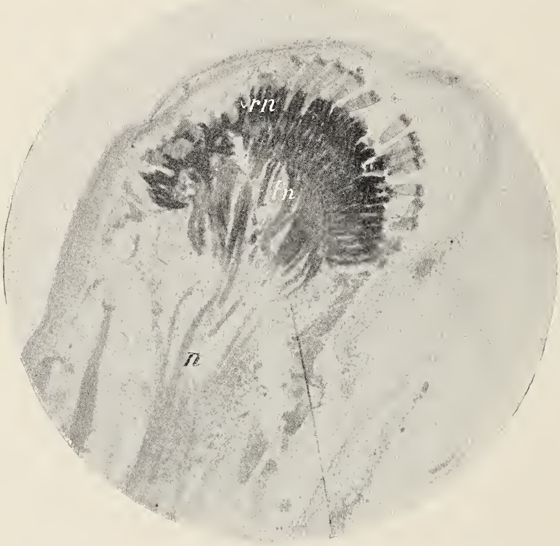


67.

Phot. de Ch. Francotte.



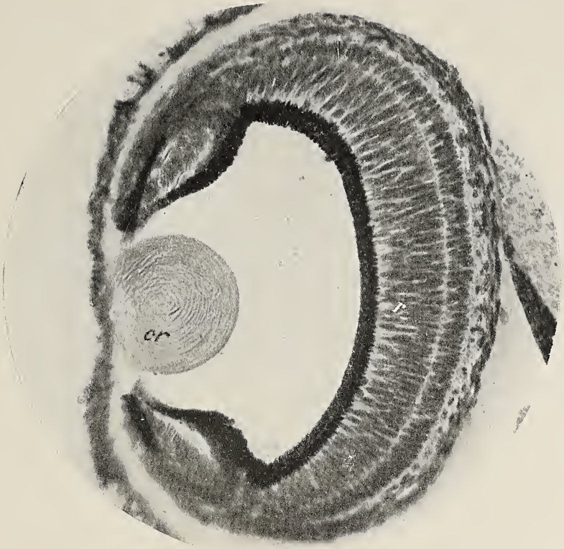
68.



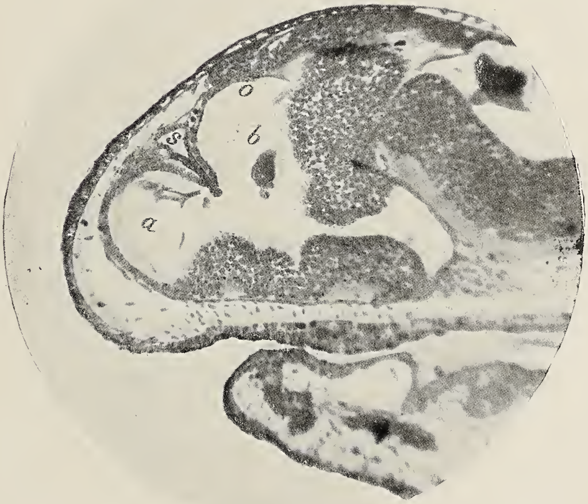
69.

Phot. de Ch. Francotte.

Pl. XXIII.



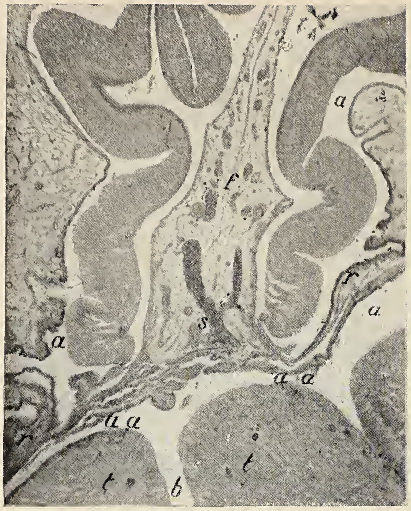
70.



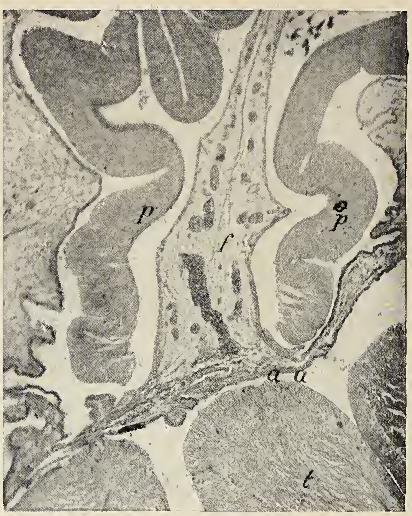
71.

Phot. de Ch. Francotte.

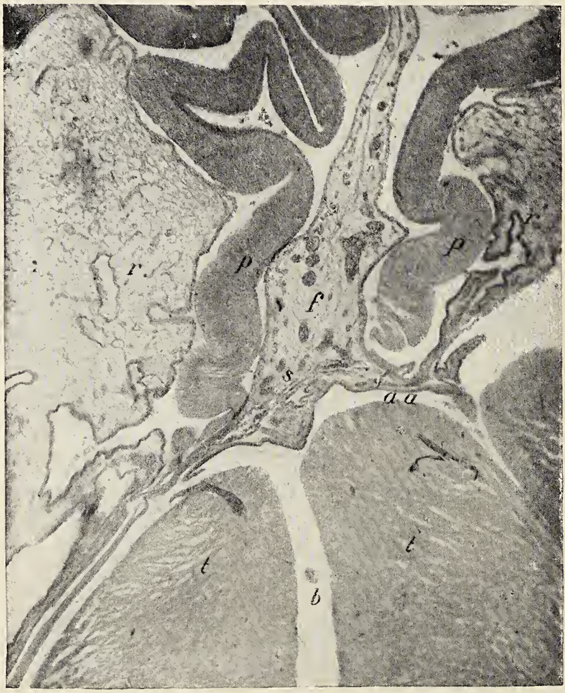
Pl. XXIV.


a
f
a
r
a
s
a
a a
a a
r
t
b
t

73.



72.


r
p
f
p
r
s
a a
t
b
t

74.

Phot. de Ch. Francotte.

PLANCHE XXII (phot. 68 et 69).

Phot. 68. — Embryon d'orvet peu avant la naissance, coupe sagittale de l'œil; *r*, rétine avec ses différentes couches; *n*, nerf optique; *cr*, cristallin.

Phot. 69. — *Porcellana longicornis*, coupe longitudinale d'un œil composé; *rn*, rétinule; *fn*, fibres nerveuses; *n*, nerf. Objectif 6 *a* à fluorite de Leitz, oculaire compensateur 2. Amplification 200 diamètres.

PLANCHE XXIII (phot. 70 et 71).

Phot. 70. — Coupe d'un embryon de *calmar*; *r*, rétine avec bâtonnets pigmentés; *a*, cristallin. Objectif 6*a* à fluorite de Leitz, oculaire 2 compensateur. Amplification 200 diamètres.

Phot. 71. — Axolotl, larve de 8 millimètres de long; *a*, cerveau antérieur; *b*, cerveau intermédiaire; *o*, épiphyse; *s*, paraphyse. Objectif apochromatique N.A. = 0.30, 16 millimètres; oculaire projecteur 2. Amplification 50 diamètres.

PLANCHE XXIV (phot. 72, 73 et 74).

Phot. 72. — Embryon humain de douze semaines, coupe transversale du cerveau; *p*, paroi du cerveau antérieur; *a*, ventricules latéraux; *aa*, trou de Monro; *b*, troisième ventricule; *t*, couches optiques; *r*, plexus choroïdes des ventricules latéraux; *f*, faux du cerveau; *s*, paraphyse. Objectif 3 de Nachet. Grossissement 20 diamètres.

Phot. 73. — Comme 72. La paraphyse *s* débouche dans le troisième ventricule. Mêmes indications que pour la photographie 72.

Phot. 74. — Comme 72. Paraphyse, *s*. Mêmes indications que pour la photographie 72. (Phot. 20, 21 et 22 de notre travail de 1894.)

Les naturalistes actuels et l'étude de la nature

Lecture par Jean MASSART, membre de l'Académie.

Les naturalistes oublient de regarder la nature. Ils se consacrent uniquement à l'anatomie et à la physiologie, et l'excursion à la campagne n'est pour eux qu'une perte de temps.

A grand renfort de réactifs compliqués et d'instruments de plus en plus délicats, ils analysent la structure, le développement et le fonctionnement des organismes. Confinés au fond de leurs laboratoires, ils prétendent interroger de là les animaux et les plantes. Quelle réponse voulez-vous que leur donne la nature, ainsi « déracinée » et couchée sur un lit de Procuste? L'être vivant est rattaché à son milieu par trop de liens, et par des liens beaucoup trop étroits, pour qu'on puisse l'en isoler de force. Ils se montrent encore plus inconsidérés que les soi-disant amateurs d'art, qui exposent dans un salon un triptyque destiné à une chapelle gothique.

⁂

Il sera inutile, je pense, de développer devant vous l'absolue nécessité qu'il y a pour le biologiste à rester en communion avec la nature.

Ses promenades à la campagne correspondent en effet aux voyages d'études de l'ingénieur et de l'homme d'affaires. Ceux-ci ont compris qu'il est indispensable de voir par soi-même, et sur place, car dans la description la mieux faite on ne retrouvera que ce qu'avait remarqué et exprimé l'auteur, tandis que l'observation directe fait découvrir une foule de points de vue nouveaux et de connexions méconnues avec les choses extérieures.

Les géographes, eux aussi, organisent des excursions collectives, par exemple le voyage transcontinental auquel les savants américains avaient convié, l'été dernier, leurs confrères d'Europe. Ils ont dit adieu à la géographie en chambre, qui fleurissait il y a une vingtaine d'années, et se donnent la peine d'aller prendre contact avec les faits dans la réalité de la nature.

Et voici maintenant que la sociologie, qui semblait condamnée à l'emprisonnement perpétuel dans les discussions de principes, élargit à son tour ses méthodes d'investigation et recourt à l'observation directe, personnelle, des phénomènes de la vie sociale. En octobre dernier, M. Émile Waxweiler, notre confrère de la Classe des lettres et des sciences morales et politiques, invitait ses élèves à une « semaine sociale », pour examiner ensemble une série de questions actuelles. Or, l'étude de deux de ces points : la question des langues en Belgique au point de vue social et la nécessité d'une haute éducation technique et économique de l'ouvrier belge, comprenait à la fois des discussions et des excursions, et dans un excellent article de l'*Écho des Étudiants* du 29 octobre 1912, qui commente le programme de la « semaine sociale », on lit ceci :

« Les discussions précédaient les excursions; je ne veux rien dire contre l'intérêt des discours qui y furent prononcés, mais je me demande en conscience ce qui en restait dans l'esprit des auditeurs quand, le jour suivant, le fait avait remplacé la parole. Nous avons plus appris pendant ces trois excursions que pendant des heures d'études, de discussion, de critique, de tout ce qui fait notre vie intellectuelle. »

Donc, les ingénieurs, les géographes, les sociologues sentent nettement que rien ne peut remplacer l'étude objective et complète des faits : objective, en ce sens qu'on doit regarder personnellement les choses elles-mêmes; complète, c'est-à-dire que les faits doivent avoir gardé leurs rapports normaux avec tout ce qui les entoure.

En présence de ces exemples, il est d'autant plus déconcertant de voir la biologie, qui était jadis la science d'observation par excellence, renoncer à l'examen direct des animaux et des plantes dans leur milieu naturel. Pourtant, nul n'oserait prétendre que tous les problèmes de la vie peuvent être attaqués et résolus dans le laboratoire. La première condition pour qu'une science progresse, est que de nouvelles questions soient sans cesse posées. Or, celui qui ne regarde pas la nature vivante ne peut pas deviner l'infinie variété des moyens par lesquels les organes s'adaptent à leurs conditions d'existence, et ne songera évidemment pas à les étudier : l'éthologie, c'est-à-dire le chapitre de l'histoire naturelle qui traite des interrelations des êtres vivants et de leurs rapports avec le milieu inorganique, en un mot de leurs mœurs, resterait donc à jamais inexploré.

La biogéographie, qui recherche les causes de la répartition des êtres à la surface de la terre, exige aussi en toute première ligne le travail en plein air; en effet, ce n'est pas dans un laboratoire, un musée ou un herbier, qu'on va pouvoir élucider pourquoi l'aire géographique d'un animal ou d'une plante est limitée à tel climat, à tel genre de terrain, à la présence de tel organisme. Il faut pour cela, suivant l'exemple donné par Alexandre de Humboldt, le créateur de la biogéographie, regarder les organismes dans leurs conditions naturelles, aux prises avec toutes les difficultés de l'existence.

Enfin, même dans le domaine de l'anatomie et de la physiologie, n'est-il pas évident qu'une découverte faite au laboratoire aura une bien autre portée si elle s'engrène avec les notions d'éthologie, que si elle est flottante, isolée de toute attache avec les réalités de la vie?

⁂

Plus de cinquante années se sont écoulées depuis la publication du livre de Darwin, qui apportait à la biologie un flot d'idées nouvelles. On pouvait espérer que celles-ci allaient faire sortir les naturalistes des ornières anciennes, pour les engager résolument dans l'étude de l'éthologie, non plus pour se pâmer de confiance devant « les harmonies de la nature », comme le faisait Bernardin de Saint-Pierre, mais pour tâcher de démêler, dans l'écheveau complexe des structures et des fonctions, celles qui concourent dans chaque cas déterminé pour mettre l'animal ou la plante en accord avec ses conditions d'existence. Car c'est la connaissance approfondie des besoins de l'organisme et des procédés par lesquels il subvient à ces besoins, qui doit nous éclairer sur la sélection naturelle, l'un des facteurs primordiaux de l'évolution. Et même, pour l'observateur qui ne vise pas si haut, est-il un problème plus palpitant, plus fertile en révélations imprévues, que la recherche des mille et un moyens par lesquels les êtres vivants s'adaptent à leur milieu, c'est-à-dire tirent de leur entourage le maximum de profits, avec le minimum de risques? Pour ne citer que deux de ces sujets d'étude, qui pourrait refuser son admiration aux travaux de Darwin lui-même et de Hermann Müller, sur la pollination des fleurs, ou à ceux de M. J.-H. Fabre, sur les instincts des Arthropodes? Hélas! leur exemple ne fut guère suivi, et le laboratoire tentaculaire saisit de nouveau la majorité des biologistes.

⁂

L'indifférence des zoologistes et des botanistes à l'égard de la nature dépasse l'imagination. L'antique devise : *Natura artis magistra* est pour eux lettre morte. Ils ne consentent à s'extraire du laboratoire que pour aller se procurer du « matériel ». Malheur à la plante ou à la bête sur laquelle ils jettent un coup d'œil pendant leurs expéditions à la campagne, car ils ne la regardent que pour s'en emparer et pour la rapporter au laboratoire où elle sera débitée en coupes. La plante peut offrir les adaptations les plus insolites, les mœurs de l'animal seront aussi étranges que possible : tout cela ne compte pas; c'est du « matériel » qu'ils viennent chercher, rien de plus; ils ne vont à la campagne que pour opérer une razzia. Ce n'est pas dans la nature qu'étudient ces naturalistes, mais uniquement devant la table du laboratoire; les rapports de l'organisme avec les innombrables modalités du milieu ne les intéressent pas; leur curiosité scientifique ne s'éveille qu'au moment où l'animal et la plante sont réduits en tranches assez minces pour être regardées au microscope.

* * *

Exagérations! pensez-vous peut-être. En aucune manière; c'est tout au plus si j'accentue quelque peu en détail. Consultez donc un traité technique de zoologie. Vous y chercherez en vain le moindre renseignement sur l'observation des animaux dans leur habitat naturel : comment il faut épier les procédés si merveilleusement précis que certaines Guêpes mettent en œuvre pour fournir leur progéniture de vivres toujours frais; quelles expériences il faut instituer pour suivre les migrations parasitaires des Vers, des Pucerons ou des Grégarines, ou pour étudier les instincts esclavagistes des Fourmis... Voilà des sujets qui ne sont même pas effleurés. Pourtant, ce n'est pas sans une initiation longue et difficile que l'aspirant naturaliste pourra entreprendre des recherches sur ces problèmes difficiles; le silence des livres de technique ne signifie donc pas que ces études sont trop élémentaires pour devoir être expliquées, mais simplement qu'elles ne sont pas dignes d'occuper l'esprit du vrai zoologiste. En revanche, l'auteur du traité entre dans de longs développements sur la préparation d'une foule de carmins et d'hématoxylines; il s'étend sur les avantages et les inconvénients de toute une gamme de liquides fixateurs; il décrit le maniement des microtomes les plus divers. Bref, la seule technique avec laquelle on familiarise le jeune zoologiste est celle qui sera appliquée entre les quatre murs du laboratoire. Quant au genre de vie des animaux, on lui en enseigne tout juste ce qu'il doit savoir pour se procurer du « matériel ». Et la conséquence fatale de cette spécialisation à outrance, de cette pédagogie qui reste systématiquement borgne, c'est que les naturalistes sont dépaysés dès qu'ils se risquent dans la nature. Ainsi que le disait très bien notre confrère M. Lameere, dans son *Discours d'ouverture au premier Congrès international d'entomologie, tenu à Bruxelles, du 1er au 6 août 1910 :* « Demandez-leur de vous accompagner dans votre jardin, et ils vous avoueront, de très bonne grâce d'ailleurs, que la population d'Insectes qui l'habitent leur est presque totalement inconnue. »

⁂

Au premier abord, on supposerait que la fondation de laboratoires maritimes est l'indice d'un état d'esprit diamétralement opposé à celui que j'esquisse ici. S'imagine-t-on, par hasard, que les zoologistes qui fréquentent ces stations regardent les animaux marins dans la mer; qu'ils se préoccupent le moins du monde de leurs rapports avec leur entourage, des adaptations des êtres les uns avec les autres, de leurs moyens de protection et de défense? Jamais. Ils s'en vont vivement, à marée basse, mettre la main sur les animaux dont ils ont besoin ; puis ils rentrent au laboratoire pour tuer leur butin.

D'ailleurs, il faut bien avouer que le bord de la mer ne convient guère à l'établissement d'une station où l'on chercherait à entrer en communion avec les êtres vivants. Dans le cas le plus propice, on ne peut approcher des animaux marins que pendant un petit nombre d'heures chaque jour, quand ils sont à sec, c'est-à-dire au moment où ils ne sont plus dans leurs conditions habituelles. Si le laboratoire est installé près d'une mer intérieure, comme la Méditerranée, où les marées sont nulles, la promenade sur la plage est même complètement supprimée. Aussi ne faut-il pas s'étonner de ce que dans certains de ces instituts parmi les plus réputés, les travailleurs ne vont jamais récolter eux-mêmes le moindre organisme : ils dressent chaque jour la liste des animaux qu'ils désirent, et des pêcheurs attachés à l'établissement les leur apportent sur leur table. Les seuls qui s'intéressent aux mœurs des animaux sont donc les hommes de peine. Les zoologistes leur abandonnent l'éthologie : eux-mêmes sont au-dessus de préoccupations aussi peu scientifiques. Ceci montre bien que ce n'est pas du tout pour s'initier aux modes de vie des animaux marins qu'on va dans un de ces laboratoires, mais uniquement pour disposer d'un « matériel » abondant et fréquemment renouvelé.

Il y a des exceptions, évidemment. Ainsi, je me rappelle toujours avec plaisir et avec reconnaissance les séjours que je faisais il y a une vingtaine d'années au Laboratoire maritime de Wimereux, avec le regretté professeur Alfred Giard. Il savait, lui, s'intéresser aux organismes vivants et éveiller chez ses élèves l'enthousiasme pour l'éthologie. Chaque jour nous faisions la marée avec le patron, ce qui signifie que toute la bande des travailleurs se répandait sur la plage, à marée basse, pour y examiner à loisir les animaux et les plantes. Giard n'avait pas son pareil pour faire goûter aux nouveaux venus tout le charme de ces promenades. Il nous montrait la superposition si nette des ceintures d'Algues, depuis les Laminaires qui se découvrent à peine aux plus fortes marées basses, jusqu'aux *Pelvetia,* qui ne sont mouillés que peu d'instants à marée haute. Puis il faisait voir qu'à chaque niveau d'Algues correspond une faune particulière, strictement localisée. Dans les flaques persistant entre les gros blocs, nous allions admirer les belles Floridées, les Spongiaires, les Ophiures. A la surface des grandes Algues, Giard nous faisait découvrir tout un monde de Bryozoaires, de Polypiers et de Vers, vivant à la manière des épiphytes dans les forêts équatoriales. Quels cris de joie quand un novice ramenait dans son filet un de ces Crabes à longues pattes portant sur sa carapace un jardin d'Algues soignées par lui-même, ou l'espèce qui se cache sous des Éponges, ou bien des Poissons, des Crustacés et des Mollusques qui copient la teinte des Algues environnantes! Des anfractuosités de la pierre, notre guide retirait certains Insectes, jadis terrestres, maintenant marins; il démontrait la présence, sur les Balanes, de minuscules lichens noirs, eux aussi arrivés secondairement dans l'habitat marin. Il mettait la main, presque à coup sûr, sur les pontes de certains Mollusques, et il nous racontait le cannibalisme auquel se livrent les petits. Ailleurs, c'était la castration parasitaire des Crabes par les Sacculines, les Étoiles de mer digérant des Moules, l'autotomie des pattes chez les Crustacés, des bras chez les Ophiures, ou des appendices dorsaux chez des Mollusquss Nudibranches. En automne, il nous initiait aux modes d'hibernation des Ascidies; au printemps, au rajeunissement des Laminaires. Lors des marées d'équinoxe, quand nous pouvions descendre jusqu'aux bancs de tuf calcaire édifiés par les Hermelles, il extrayait de là une collection, étonnante par sa variété, de Vers et de Crustacés, et sur chaque animal qui rampait hors du bloc poreux, il connaissait quelque histoire, un trait de mœurs, une évolution curieuse.

On ne se contentait pas des excursions sur la plage. Presque tous les après-dîners, il nous conduisait à travers les dunes, ou dans les pâturages surmontant les falaises, ou dans la vallée du Denacre. Là aussi, il se révélait comme un incomparable éthologiste. Il nous montrait les galles sans nombre sur les tiges, les feuilles, les fleurs, les fruits; les endroits où les Oiseaux viennent manger des Escargots; les Champignons parasites d'Insectes; les fleurs de Pulicaire devenues unisexuelles... Certaine mare des dunes d'Ambleteuse nous voyait revenir toutes les semaines, et régulièrement, chaque fois, Giard avait quelque chose de neuf à nous faire voir sur les mœurs des animaux qui y grouillaient.

Lorsque nous rentrions au laboratoire, nous rapportions, nous aussi, du « matériel », mais ce n'était pas pour lui faire subir successivement la fixation, l'enrobage dans la paraffine, le découpage au microtome, la coloration et, enfin, l'examen microscopique; c'était le plus souvent pour vérifier de plus près l'un ou l'autre détail éthologique dont il avait été question pendant la promenade.

⁂

Mais des hommes tels que Giard sont exceptionnels. Revenons à la généralité des naturalistes, qui regardent l'excursion à la campagne comme un gaspillage de temps, qu'il importe de réduire au minimum. Ceux-là envient le botaniste, heureux mortel qui peut récolter la majeure partie de son « matériel » sans sortir du jardin botanique.

Il est malheureusement vrai que beaucoup de professeurs de botanique sont encore moins naturalistes, au vrai sens du mot, que leurs collègues de l'institut zoologique. Leur dédain pour la nature va si loin que beaucoup ont renoncé à faire des herborisations avec leurs élèves. « Pourquoi ces longues et fastidieuses courses à la campagne, disent-ils, alors qu'on peut se procurer les plantes au jardin botanique? Les étudiants examineront les fleurs bien tranquillement au laboratoire, ce qui est autrement commode que de les analyser dans un bois ou une prairie. »

Remarquez qu'à leur point de vue ils ont raison. Mais c'est le point de vue qui est mauvais. Sans doute il est plus facile et plus profitable d'étudier la systématique devant une table où les plantes les plus intéressantes sont mises à la disposition de chaque élève, dans l'ordre voulu. Seulement l'erreur consiste à croire que l'herborisation a pour but d'aller récolter ces espèces. Si on ne mène plus les étudiants à la campagne, où donc leur montrera-t-on que la forêt possède dans la futaie une tout autre flore que dans le taillis, — comment un rocher calcaire est colonisé par la végétation, — par quels moyens les plantes des dunes se défendent contre l'envahissement du sable? Ce n'est pas tout de même au laboratoire ou dans la salle des cours qu'on leur fera voir les Bourdons butinant les fleurs et opérant ainsi la fécondation croisée, ni qu'on les fera assister à la lutte sournoise des plantes pour la conquête du sol, aux visites que les Fourmis font aux feuilles du Merisier, et à tant d'autres phénomènes qui leur font saisir sur le vif les adaptations de l'être vivant. A moins, toutefois, que le professeur de botanique, hypnotisé par les caractères des Solanacées, la structure du bois secondaire dans la racine des Monocotylédonées, ou le mécanisme de la courbure géotropique, ne considère, lui aussi, l'éthologie comme une quantité négligeable.

⁂

Qu'on ne se méprenne pas sur la portée de mes paroles. Je serais désolé si on me soupçonnait d'attaquer les hommes de laboratoire; il me serait difficile de ne pas professer pour eux la plus grande sympathie, puisque j'en suis un. Ce que je dis ici ne vise pas ce qu'ils font, mais ce qu'ils ne font pas. Le travail qu'ils accomplissent est d'une importance capitale, et les conceptions générales auxquelles ils ont été conduits sont parmi les plus grandes et les plus élevées qui aient jamais été émises; mais pourquoi donc beaucoup d'entre eux s'astreignent-ils à écarter de leurs études tout un côté fort important de la biologie : les observations éthologiques dans la nature! Il n'est pourtant pas contestable que ces notions-ci sont tout aussi nécessaires que les données anatomiques et physiologiques pour la compréhension intégrale de l'être vivant, et qu'une théorie synthétique a beaucoup plus de chances d'être féconde si elle est basée sur l'ensemble de la biologie. En voici un exemple frappant. L'un des naturalistes récents dont les idées ont eu l'influence la plus grande, tant en profondeur qu'en étendue, Édouard Strasburger, qui vient de mourir, savait quitter de temps en temps son laboratoire pour se remettre en contact avec les organismes vivant librement. Ses *Streifzüge an der Riviera* montrent combien il vibrait devant les beautés de la nature; et il n'était pas seulement sensible à l'esthétique : on n'avait qu'à faire avec lui une promenade à la campagne pour s'assurer qu'il s'intéressait tout autant aux merveilles de l'éthologie.

⁂

Des universitaires, passons à ceux qui sont chargés de classer les grandes collections systématiques dans les musées d'histoire naturelle et les herbiers. Chez eux, même insouciance de la nature vivante. Le cas le plus typique que je connaisse est celui d'un botaniste, d'ailleurs fort savant, qui était conservateur de l'herbier dans un des principaux instituts botaniques des régions équatoriales. Quand on lui soumettait une plante qu'on venait de récolter, jamais il ne faisait la moindre tentative de détermination, tant il se savait certain de l'insuccès; mais il la serrait soigneusement dans une presse, et quelques jours plus tard, quand un séchage et un écrasement appropriés l'avaient élevée à la dignité d'échantillon d'herbier, il vous en disait le nom sans hésiter. Il avait d'abord étudié la flore de la colonie dans un grand herbier de la métropole; plus tard, quand il vint dans le pays d'origine de ces plantes, il ne crut pas devoir gaspiller son temps en allant se familiariser avec elles dans leur milieu naturel; pour lui, en effet, un végétal ne commence à présenter de l'intérêt que lorsqu'il est incorporé dans une collection sèche. Eh bien! j'ai remarqué une chose encore plus surprenante que la mentalité de ce savant, et la voici. A diverses reprises, j'ai raconté cette histoire à des botanistes qui s'occupent d'herbiers en Europe; à mon profond ahurissement, elle ne les étonnait pas du tout : ils avaient subi la même déformation professionnelle; ils avaient herborisé jadis, mais à présent ils ne quittaient plus leurs collections.

Il est bien entendu que personne ne songe à critiquer la formation des herbiers, qui sont la condition même de tout progrès dans la botanique systématique. Mais enfin, les conservateurs de ces collections devraient ne pas oublier qu'avant de faire partie de l'herbier les plantes étaient vivantes et qu'elles étaient plus intéressantes alors que depuis leur dessiccation.

N'allez pas croire que cet état d'esprit soit propre aux botanistes. On citerait facilement des paléontologistes qui n'ont jamais recueilli eux-mêmes un fossile, et des entomologistes pour qui les Insectes ne représentent pas autre chose que de petites bêtes, embrochées d'une épingle au-dessus d'une minuscule étiquette en carton, et rangées en belles lignes parallèles dans des boîtes vitrées. Mais cela suffit, vous diront les entomologistes, les purs, pour faire la description complète de l'Insecte. Vraiment! est-il bien sûr que tous les caractères s'y trouveront? Écoutons J.-H. Fabre : « Cette manière de comprendre l'histoire entomologique ne me satisfait pas. Vainement on me dira que telle espèce a tant d'articles aux antennes, tant de nervures aux ailes, tant de poils en une région du ventre ou du thorax; je ne connaîtrai réellement la bête que lorsque je saurai sa manière de vivre, ses instincts, ses mœurs.

» Et voyez quelle lumineuse supériorité un renseignement de ce genre, énoncé en deux ou trois mots, aurait sur les détails descriptifs, si longs, si pénibles parfois à comprendre. Vous voulez, supposons, me faire connaître le Sphex languedocien et vous me décrivez tout d'abord le nombre et l'agencement des nervures de l'aile; vous me parlez de nervures cubitales et de nervures récurrentes. Vient ensuite le portrait écrit de l'insecte. Ici du noir, là du ferrugineux, au bout de l'aile du brun enfumé; en ce point un velours noir, en cet autre un duvet argenté, en ce troisième une surface lisse. C'est très précis, très minutieux, il faut rendre cette justice à la perspicace patience du descripteur : mais c'est bien long, et puis c'est loin d'être toujours clair, tellement qu'on est excusable de s'y perdre un peu, même alors qu'on n'est pas tout à fait novice. Mais ajoutez à la fastidieuse description seulement ceci : chasse des éphippigères, et avec ces trois mots, le jour aussitôt se fait; je connais mon Sphex sans erreur possible, lui seul ayant le monopole de pareille proie.

» Pour donner ce vif trait de lumière, que faudrait-il? Observer réellement et ne pas faire consister l'entomologie en des séries d'insectes embrochés (¹). »

* * *

Quittons maintenant les professionnels, pour nous tourner vers les naturalistes amateurs. Leur dédain pour la nature vivante est moins accentué; chez eux, la maladie est encore dans la période d'incubation. Pourtant, où est le temps où les sociétés entomologiques faisaient chaque année des excursions dans différents coins du pays, et où celles-ci étaient suivies par une foule d'adhérents? A présent, les excursions restent toujours à l'état de projets, car personne ne se présente pour y prendre part. Du côté des sociétés botaniques, le mal a fait moins de progrès. Il y a encore un nombre respectable de membres qui assistent aux herborisations, mais combien peu récoltent des plantes pour l'herbier. La boîte verte à herboriser est bien moins familière aux gens de la campagne aujourd'hui qu'il y a une trentaine d'années.

« A quoi bon excursionner? » répondent de très bonne foi les membres des sociétés scientifiques, quand on leur parle de leur inaction : « notre petit pays a été exploré à fond; il n'y a plus rien à trouver. » Quelle erreur! Les seuls organismes dont la distribution géographique soit à peu près connue sont ceux qui ont un intérêt pratique, par exemple le Chêne et le Hanneton; pour tous les autres, bien des surprises sont réservées à celui qui entreprendrait méthodiquement l'étude de leur répartition, même s'il se limitait aux espèces les plus communes. Le naturaliste qui habite un canton un peu écarté rendrait un grand service en dressant la liste complète d'une catégorie déterminée d'êtres : Lamellicornes, Mousses, Oiseaux,

---

(¹) *Souvenirs entomologiques*, 1ʳᵉ série, 11ᵉ édition, pp. 118-119.

Champignons..., surtout s'il s'appliquait à rechercher les facteurs de leur répartition.

Au collectionneur pur, il reste également beaucoup à faire, puisque, même dans des groupes aussi étudiés que les Papillons diurnes et les Phanérogames, chaque promenade dans un endroit quelconque, fût-ce au voisinage d'une grande ville, amène la découverte d'habitations dont personne ne soupçonnait l'existence.

⁂

Enfin, il est un fait qui permet de saisir, mieux que tout le reste, le profond discrédit où est tombée l'étude des sciences naturelles, j'entends l'étude dans la nature même; c'est la sereine impassibilité avec laquelle les biologistes ont laissé détruire autour d'eux tous les endroits où leurs prédécesseurs allaient chasser des Insectes ou récolter des Plantes. Les progrès de l'industrie et de la culture supprimaient un à un tous les coins intéressants; cependant, cloîtrés dans leurs laboratoires, où rien ne les avertissait du danger, les biologistes ne bougeaient pas. Ce furent les artistes et les littérateurs qui sonnèrent l'alarme; plus tard, beaucoup plus tard, les savants s'émurent à leur tour. Ne revenons pas sur la part prise par l'Académie et surtout par deux de ses membres, le regretté Léo Errera et M. Léon Fredericq, au mouvement d'opinion qui a abouti à la création de réserves; j'ai simplement voulu attirer l'attention sur la longue indifférence des gens de science devant la dévastation de nos beautés naturelles.

⁂

Ainsi donc, les biologistes de toute catégorie ont abandonné l'étude des organismes vivant en liberté. Le naturaliste de plein air, le *field naturalist*, a presque complètement disparu de chez nous ; le zoologiste ne sort que pour faire une expédition de rapines; le botaniste se fie à ses cultures pour obtenir les plantes nécessaires et il ne montre plus à ses élèves ni forêt, ni bruyère, ni marécage; le collectionneur de Papillons, de Coléoptères ou de Phanérogames prétend que ses devanciers ont fouillé le pays jusque dans ses moindres recoins et qu'ils n'ont laissé rien qui vaille. Bref, le biologiste actuel, quel qu'il soit, se conduit comme un peintre-paysagiste qui, sans jamais sortir de son atelier, travaillerait d'après des esquisses faites par autrui.

⁂

A quoi faut-il attribuer l'indifférence de la génération présente pour les choses de la nature? Les causes sont sans doute multiples. En voici quelques-unes.

Au lieu de se promener paisiblement à la campagne pour regarder les plantes et les bêtes, ainsi que nous le faisions dans notre enfance, les jeunes gens d'aujourd'hui n'ont d'autre idéal que de « battre un record » à bicyclette, ou de gagner une partie de *football*. Depuis deux ou trois ans, on rencontre souvent, dans les bois et les bruyères, les adeptes d'un nouveau sport, le *scouting;* ils vont à la campagne, c'est vrai, mais ils n'ont cure ni des Insectes ni des Mousses; toute leur attention se concentre sur la meilleure façon de se cacher au fond d'un fossé ou, au contraire, de signaler leur présence aux troupes amies.

⁂

De toutes les influences qui détournent la jeunesse de l'étude de la botanique ou de la zoologie, l'abus des sports est le plus fréquemment incriminé. Pourtant, je pense que la part prépondérante revient plutôt à l'enseignement moyen du degré supérieur. Je sais que je m'engage ici sur un terrain brûlant, où les controverses sont vives; aussi n'est-ce pas sans une certaine appréhension que je me permets d'insinuer que les humanités anciennes préparent fort mal aux études de la Faculté des sciences. L'enseignement est trop verbal, pas assez intuitif. Les élèves connaissent le pluriel de « brise-vent », le féminin de « grec », l'accord de *si* et de *nisi;* ils peuvent répéter les paroles que prononça Epaminondas à la bataille de Mantinée; ils apprennent l'histoire de Sésostris, mais on ne les a jamais conduits dans le musée où sont les antiquités égyptiennes; ils savent par cœur les caractères des Liliacées et des Lépidoptères, sans avoir eu entre les mains ni une fleur ni une chenille. Où le vice fondamental de l'instruction se montre le plus clairement, c'est dans les devoirs de rédaction. Les enfants ont, par exemple, comme sujet : « les oiseaux et leurs nids ». Ne croyez pas qu'on leur demande de raconter ce qu'ils ont appris par expérience personnelle : les moineaux venant avidement picorer en hiver les miettes de pain qu'on leur distribue; le nid d'hirondelle qu'ils ont vu construire sous la corniche de la maison paternelle; la migration de bandes de grues à l'arrière-saison... Non, un devoir aussi terre à terre, aussi objectif, recevrait une mention défavorable; ce qu'on désire, c'est un travail tout subjectif, où l'élève dépeint les sentiments qu'éveille en lui l'oiseau souffrant de faim et de froid; les affres de la mère quand l'aigle plane au-dessus du nid où les petits, insouciants du danger, reposent douillettement sur le duvet; le chant du rossignol lançant gaîment ses roulades vers le ciel étoilé... On oublie seulement que l'enfant n'a jamais eu l'occasion de ressentir ces émotions, et qu'il ne peut donc les décrire que d'après ses lectures. En un mot, on tue en lui l'esprit d'initiative pour ne laisser que l'esprit d'imitation.

Après six ans de ce régime, le jeune homme est à point. Sa conception du monde extérieur est aussi fausse que possible : elle ne doit rien à son observation personnelle, car on ne lui a jamais laissé entrevoir qu'on peut apprendre quelque chose d'utile en regardant vivre les bêtes et les plantes, ou en examinant un talus argileux après une pluie d'orage. Il a étudié la nature dans les bons auteurs, et tout ce qui ne concorde pas avec ses réminiscences classiques n'existe pas, ou du moins n'a pas de raison d'être. Pour lui, tous les ruisselets sont murmurants, même au pays plat, un chêne est nécessairement altier, le moindre pinson est appelé rossignol, et il croit fermement que les lapins raffolent de thym et de serpolet.

⁂

Le voici qui arrive à l'université, pour suivre les cours de candidature en sciences naturelles. Celles de ces disciplines qui s'occupent directement des objets de la nature sont la géographie physique, la géologie, la botanique, la zoologie. Les professeurs de géographie et de géologie mènent leurs élèves à la campagne et les mettent face à face avec ces phénomènes naturels. Il n'en est pas de même des professeurs de biologie : ceux-ci restent enfermés le plus souvent dans la salle de cours et le laboratoire. Représentez-vous la psychologie d'un étudiant intelligent et désireux d'apprendre, qui regarde pour la première fois des préparations de cytologie, — la caryocinèse, la réduction chromatique, la fécondation, — et qui applique ces faits à l'interprétation des mystères de l'hérédité; qui voit le cœur de la Grenouille présenter ses pulsations rythmiques de longues heures après qu'on l'a extrait du corps; qui assiste à la croissance des cultures de Bactéries et de Champignons. Ailleurs, on lui montrera la décomposition de l'anhydride carbonique par la plante verte à la lumière; ou il va patiemment disséquer le système nerveux d'un Insecte; ou enfin on lui confie un fragment de *Fucus,* en lui indiquant comment il peut mettre en évidence la structure de l'appareil végétatif et des cellules reproductrices. Pour peu que le goût de la science désintéressée l'emporte sur les aspirations matérielles, les merveilles qu'on lui dévoile en candidature en sciences font de lui un nouvel adepte pour le travail de laboratoire. Tout serait pour le mieux si ses maîtres s'efforçaient de lui inculquer simultanément le désir de se livrer au travail biologique dans le laboratoire, et celui de regarder les animaux et les plantes dans leur milieu naturel.

Mais comment le feraient-ils, puisque eux-mêmes n'attachent guère d'importance à ce qui se passe dans la nature!

* * *

Ce n'est pas d'aujourd'hui que le péril est dénoncé. Dans une conférence faite à l'Exposition de Bruxelles, en 1910, et publiée la même année par la *Revue de Belgique,* notre confrère M. P. Pelseneer, parlant de la prépondérance exagérée et néfaste du laboratoire dans les méthodes de la biologie, disait ceci :

« On a alors lancé la jeunesse studieuse, enthousiaste, dans le travail microscopique du laboratoire. Et certains pays à multiples universités, à laboratoires et à étudiants nombreux, ont eu de la sorte l'apparence d'une production scientifique considérable, aux yeux d'un public insuffisamment renseigné, qui juge une école ou un auteur d'après la quantité de ses publications, ou un ouvrage d'après le nombre de ses pages. Or, dans beaucoup de cas, par cette méthode exclusive, on n'a plus fait — pour employer un langage mathématique — qu'ajouter des « décimales », parfois minimes, aux connaissances préexistantes.

» Ce système a eu comme résultat fâcheux que, *de plus en plus*, l'élève biologiste ne sort plus du laboratoire...

» Maints biologistes n'ont ainsi jamais recueilli eux-mêmes les objets de leurs études, ni ne les ont vus vivants, notamment pas vus dans leur milieu naturel, c'est-à-dire n'ont acquis de la *nature animée* qu'une expérience plutôt réduite.

» De sorte que ceux dont l'activité a pour but la connaissance de la vie et des êtres vivants finissent par ne plus quitter la table du laboratoire et n'étudient que des cadavres et des morts. »

* * *

Nous avons montré la gravité du mal dont souffre l'histoire naturelle et recherché l'étiologie de l'affection. Voyons maintenant les remèdes à proposer.

Le moyen le plus efficace pour réconcilier les naturalistes avec la nature vivante serait, sans aucun doute, de réapprendre aux enfants à l'aimer. Peu à peu leurs promenades à la campagne gagneraient un tour scientifique : l'un trouverait plaisir à examiner les accidents géographiques, les diverses sortes de terrains et les fossiles si abondants dans certaines carrières; un autre s'attacherait aux fleurs ou aux Champignons; un troisième installerait chez lui une cage pour élever les chenilles trouvées au cours des excursions, et transformerait en aquarium un ancien bocal à conserves.

Ces savants en herbe vont tout naturellement se mettre à collectionner les objets dont ils s'occupent. Et cela est utile, cela est nécessaire. Les a-t-on assez raillés, les collectionneurs et leurs manies! J'admets volontiers qu'il en est dont les soi-disant collections ne sont que des ramassis de choses disparates, de véritables caricatures de l'histoire naturelle. Pour les amateurs sérieux, au contraire, qui sont la majorité, la collection est simplement le moyen le plus pratique pour permettre la comparaison des organismes en vue de leur détermination; or, il est incontestable que la connaissance précise des espèces est la base nécessaire de tout travail de biologie.

Celui qui a pris goût aux excursions scientifiques pendant ses études moyennes continuera à l'université à étudier la nature chez elle, surtout s'il trouve chez ses professeurs un appui et un encouragement.

⁂

Je n'insiste pas, car tout ceci est devenu banal à force d'avoir été répété. Il est pourtant, dans l'organisation universitaire de la biologie, un point sur lequel il semble que l'attention n'ait pas été suffisamment attirée : je veux parler de la conception moderne du laboratoire.

Les premiers laboratoires étaient consacrés à la physique et à la chimie; plus tard, à la physiologie. Ils ne servaient donc qu'à l'expérimentation, et on peut ajouter qu'on n'y faisait que les expériences qui peuvent être commencées et achevées à l'intérieur du cabinet de travail. Leur installation ne dut subir aucune transformation notable lorsque l'anatomie y réclama, à son tour, une place. Un institut biologique, tout comme un institut physique ou chimique, consistait donc en un ensemble de pièces aménagées de telle sorte qu'on puisse y faire une observation anatomique ou y réaliser commodément des expériences de dimension restreinte et durant au maximum quelques jours ou quelques semaines.

Cette façon un peu étroite de comprendre le laboratoire ne correspond plus aux nécessités actuelles de la biologie.

Les expériences sur l'évolution — car il faut vous dire que l'étude de l'origine des espèces est entrée dans la voie expérimentale — nécessitent des installations qui n'avaient pas de raison d'être dans les anciens instituts. Elles exigent qu'on élève un très grand nombre d'individus d'une même espèce, parfois plusieurs milliers : Escargots, Souris, Lapins, Poules..., ou bien Maïs, Énothères, Froments, Mufliers, Primevères, Pois de senteur... Ces recherches, qui durent souvent plusieurs années, doivent être surveillées minutieusement du début à la fin. De plus, l'expérimentateur se charge personnellement de toutes les opérations; cultive-t-il, par exemple, des Énothères, c'est à lui seul qu'incombent tous les soins du semis, du repiquage, de la plantation, de la fécondation, de la récolte des graines mûres. Il faut donc absolument que le jardin, la basse-cour ou l'étable soient attenants au laboratoire et non relégués quelque part dans une ferme en province.

J'ajouterai quelques mots concernant les instituts botaniques; si je parle plutôt de ceux-ci, c'est que je connais mieux leurs besoins.

Les expériences sur l'évolution ne se limitent pas aux espèces poussant sur les plates-bandes d'un jardin; tout aussi intéressantes sont celles qui habitent l'eau, le sable, les rochers, les sous-bois, les marécages, les tourbières.

Les terrains très variés qui sont nécessaires pour les recherches sur l'hérédité et la variabilité seront aussi fort utiles pour des travaux de géographie botanique, science qui entre également dans la voie expérimentale.

Enfin, il suffira de laisser des coins un peu sauvages pour qu'on puisse s'y livrer efficacement à d'innombrables recherches d'éthologie ; on y observera les Insectes butinant les fleurs et les Oiseaux mangeant les fruits, sans être dérangé à chaque instant par des importuns; on pourra instituer à son aise des expériences délicates sur les feuilles, les racines, les tiges...

Il n'est pas douteux qu'un jardin ainsi aménagé, comprenant à la fois des terrains de culture très divers et des endroits garnis de végétation spontanée. rendrait au moins autant de services à la science que les installations de chimie biologique, les microtomes, les étuves thermostatiques, etc., des instituts actuels.

⁂

On le voit, depuis une quinzaine d'années, à la suite des travaux de Mendel, de Vries, Bateson, Baur, Correns, etc., les soins de jardinage, jadis dévolus à des ouvriers intelligents, ont été réhabilités, et on s'est enfin aperçu que pour les études botaniques, des parterres de Mufliers ou de Pois de senteur peuvent être aussi utiles que les matras ou les tubes à essai où l'on cultive des Microbes ou des Levures. Seulement, les horizons de la biologie ont changé beaucoup plus vite que ses aménagements, et ceux-ci sont donc fort en retard sur les besoins.

Fort beau, dira-t-on. Mais où donc mettrons-nous cet institut biologique idéal, avec son jardin démesuré, aspirant au microcosme? Eh bien ! — et c'est précisément cela qui m'amène à en parler ici — on le mettra à la campagne; car, pourquoi s'évertuer, par ces temps de communications rapides, à centraliser dans la ville, à côté des auditoires de philosophie et de mathématiques, qui y sont fort bien placés, les instituts biologiques, qui y sont aussi mal que possible! Ou si des raisons majeures empêchent que l'enseignement de la botanique et de la zoologie émigre à une demi-heure de distance, qu'on fasse, outre l'institut urbain, muni simplement de son jardin de culture, des stations modestes situées à la campagne et vouées spécialement à la résolution de problèmes éthologiques.

Ainsi on préludera à une nouvelle étape dans l'histoire des établissements biologiques.

La première période ne connaissait que les collections; elle débuta par les jardins botaniques purement médicinaux; plus tard, on fit des collections, vivantes et mortes, de la totalité des animaux et des plantes, réunis pour leur intérêt scientifique.

Deuxième étape : la simple description des organismes étant reconnue insuffisante, on entreprend de scruter leur structure, leur développement, leurs fonctions. Des laboratoires sont créés pour favoriser ces recherches.

Enfin, dans la troisième période, où nous venons d'entrer, on applique l'expérimentation à l'hérédité, à la variabilité, à la biogéographie, à l'éthologie. Pour répondre à ces nouveaux besoins, le laboratoire élargi doit être transporté en pleine campagne, ce qui a l'avantage de remettre les naturalistes en communion avec la nature.

M. A. Rutot, membre titulaire, faisant fonction de secrétaire perpétuel, proclame ensuite les résultats suivants des concours et des élections.

CONCOURS POUR 1912.

Sciences mathématiques et physiques.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande à faire l'exposé de nos connaissances, ainsi que des nouvelles recherches expérimentales, sur les actions pondéromotrices des corps électrisés. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire a été reçu. Devise : *La source unique de la vérité est l'expérience.*

Le prix est décerné à l'auteur, M. Stephan Pienkowski, assistant à l'Institut de physique de l'Université de Liége.

QUATRIÈME QUESTION.

Exposer et compléter les recherches faites sur le calcul des variations depuis 1850. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise : *Quidquid contradictionem non implicat Deus potest.*

Le prix est décerné à l'auteur, M. Maurice Lecat, docteur en sciences, à Auderghem.

Sciences naturelles.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles observations l'état de nos connaissances concernant la constitution du massif cambrien de Stavelot.

Les observations nouvelles devront être rapportées sur une carte au 20 000^e. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise : *Igne natura renovatur integra.*

Le prix est décerné à l'auteur, M. Léopold de Dorlodot, ingénieur à Charleroi.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur la tectonique du Brabant et des régions limitrophes. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise : *La position des roches dépendant des divers mouvements que ces roches ont subis depuis leur formation, on concevra qu'elle a dû varier plus ou moins à chaque dislocation du sol et qu'il doit être bien difficile de constater tous ces mouvements et de déterminer l'effet produit par chacun d'eux.* (A. Dumont.)

Le prix est décerné à l'auteur, M. Paul Fourmarier, ingénieur au Corps des mines, répétiteur à l'Université de Liége.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le venin d'un animal invertébré. — Prix : 1000 francs.

Un mémoire. Devise :

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, Leo, virgo.
Libraque, scorpius, arcitenens, caper, amphora, pisces.

La Classe a décidé d'accorder la moitié du prix (500 francs) à l'auteur, M. Maurice Arthus, professeur à l'Université de Lausanne.

PRIX LÉO ERRERA.

Biologie générale.

Deuxième période (1909-1912).

Ce prix, d'une valeur de 1800 francs, est décerné à M. le Dr Edgard Zunz, agrégé à l'Université de Bruxelles, pour ses travaux publiés pendant la période.

PRIX ÉDOUARD MAILLY

pour favoriser les progrès de l'astronomie en Belgique.

Cinquième période (1908-1911).

Le prix de 1000 francs est décerné à M. Paul Stroobant, correspondant de l'Académie, pour l'ensemble des travaux qu'il a publiés pendant la période.

PRIX AUGUSTE SACRÉ.

Destiné au Belge, auteur d'une invention apportant un réel et important progrès dans le domaine de la mécanique se rapportant à n'importe quelle industrie, ou auteur de tout ouvrage de mécanique renfermant des théories nouvelles et de réelle valeur relatives à cette science.

Première période (1er août 1909-31 juillet 1912).

Le prix de 4000 francs est décerné à M. J. Boulvin, ingénieur des Ponts et Chaussées, professeur à l'École du génie civil à Gand, pour l'ensemble de ses travaux.

PRIX LOUIS MELSENS.

Chimie et physique appliquées.

Troisième période (1er juillet 1908-30 juin 1912).

Aucun travail n'a été soumis.

ÉLECTIONS.

La Classe des sciences a eu le regret de perdre cette année :

Dans la Section des sciences mathématiques et physiques :

Henri Poincaré, associé, décédé à Paris, le 17 juillet.

Dans la Section des sciences naturelles :

Édouard Strasburger, associé, décédé à Bonn, le 12 mai.

Ont été élus en 1912 :

Dans la Section des sciences mathématiques et physiques :

Le 1^er^ juin, *membre titulaire :* M. Alexandre de Hemptinne, déjà correspondant.

Correspondant : M. L. Crismer, professeur à l'École militaire, à Bruxelles.

Le 16 décembre, *correspondant :* M. E. van Aubel, professeur à l'Université de Gand.

Associé : M. David Hilbert, professeur à l'Université de Gœttingue.

Dans la Section des sciences naturelles :

Le 1^er^ juin, *membre titulaire :* M. Victor Willem, déjà correspondant.

Correspondant : M. J. Cornet, professeur à l'École des mines du Hainaut, à Mons.

Associé : M. George-Albert Boulenger, conservateur au British Museum, à Londres.

Le 16 décembre, *correspondant :* M. Pierre Nolf, chargé de cours à l'Université de Liége.

Associé : M. W. Bateson, professeur à l'Université de Cambridge.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Bruxelles. *Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics.* Annuaire de la Station agricole de l'État à Gembloux. 1912; in-8°.

Cogniaux (*Alfred*). Melastomataceæ. Orchidaceæ. Ex.: Symbolæ Antillanæ. In-8° (pp. 174-182; pp. 309-315), s. d.

Stroobant (*Paul*). Les progrès récents de l'astronomie. V^e^ année, 1911. Bruxelles, 1912; extr. in-16 (173 p., grav. et pl.).

Swarts (*Fréd.*). Cours de chimie organique. 2^e^ édition, revue et augmentée. Gand, 1913; gr. in-8° (vii-754 p.).

Dyck (*Walther van*). Georg von Reichenbach. Munich, 1912; in-fol. (140 p., portr., grav. et pl.).

Baratsch (*W.*). Kosmologische Gedanken. Zweite Auflage. Leipzig, 1912; in-8° (63 p.).

Branly (*Edouard*). Conductibilité intermittente des minces couches diélectriques. Paris, 1912; extr. in-4° (7 p.).

Charpy (*Adrien*). Etudes d'anatomie. Toulouse, 1891; in-8° (220 p., fig.).

Guiot (*J.*). Le calcul vectoriel et ses applications à la géométrie réglée. Paris, 1912; in-8° (128 p.).

Larcher (*O.*). La pathologie comparée. Paris, 1885; extr. in-8° (32 p.).

— Contribution à l'étude des tumeurs de la tige et de ses ramifications. Paris, 1912; extr. in-8° (16 p.).

Lebon (*Ernest*). Savants du jour : Armand Gautier. Biographie, bibliographie analytique des écrits. Paris, 1912; gr. in-8° (96 p., portr.).

Monaco. Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert I^er^, prince-souverain de Monaco. Fascicule XXXVII. Mollusques provenant des campagnes de l'*Hirondelle* et de la *Princesse Alice* dans les mers du Nord. (Ph. Dautzenberg et H. Fischer.) 1912, in-4°.

Rivolta (*Alexandre*). Recherches quantitatives sur le chlore et le soufre dans l'organisme de quelques vertébrés et invertébrés. Fribourg, 1912; in-8° (78 p.).

La Bibliothèque de l'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1912, les Revues ainsi que les publications des Institutions suivantes :

Anvers. *Société de médecine. — Société médico-chirurgicale. — Société de pharmacie.*

Bruxelles. *Académie royale de médecine. — Annales de médecine vétérinaire. — Annales des mines. — Annales des travaux publics. — Association belge de photographie. — Bulletin de statistique démographique et sanitaire. — Instituts Solvay. — Jardin botanique. — Ministères des Affaires étrangères, des Colonies, de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Industrie et du Travail. — Moniteur belge. — Moniteur industriel. — Observatoire royal. — Revue de l'Université. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, chimique, d'électriciens, entomologique, de géologie et d'hydrologie, royale zoologique et malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, des sciences médicales et naturelles, scientifique.*

Gand. *Société de médecine.*

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts. — Cercle des Naturalistes.*

Liége. *Écho vétérinaire. — Société géologique de Belgique. — Société médico-chirurgicale.*

Louvain. *La Cellule.*

Berlin. *Kön. Akademie der Wissenschaften. — Deutsche chemische Gesellschaft. — Geologische Gesellschaft. — Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. — Meteorologisches Institut.*

Bonn. *Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.*

Brême. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Brunswick. *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. — Physikalische Gesellschaft.*

Budapest. *Institut royal de géologie. — Académie des sciences.*

Carlsruhe. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Cassel. *Verein für Naturkunde.*

Charlottenbourg. *Physikalische-technische Reichsanstalt.*

Cracovie. *Académie des sciences.*

Francfort-sur-Main. *Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft. — Physikalischer Verein.*

Francfort-sur-Oder. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Göttingen. *Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Halle. *Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.*

Heidelberg. *Naturhistorischer Verein.*

Iéna. *Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.*

Kœnigsberg. *Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft.*

Leipzig. *Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.*

Munich. *Kön. Akademie der Wissenschaften.*

O-Gyalla. *Institut météorologique.*

Prague. *Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Société mathématique.*

Ratisbonne. *Naturwissenschaftlicher Verein.*

Strasbourg. *Société des sciences, agriculture et arts.*

Vienne. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum.*

Wurzbourg. *Physikal.-medizinische Gesellschaft.*

Universités de Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhague. *Institut météorologique. — Société royale des sciences. — Conseil international pour l'exploration de la mer.*

Albany. *University of the State of New York.*

Baltimore. *Johns Hopkins University.*

Berkeley. *University.*

Boston. *Academy of arts and sciences. — Natural History Society. — Astronomical Journal.*

Brooklyn. *Institute of arts and sciences.*

Buenos-Ayres. *Sociedad cientifica Argentina.*

Cambridge. *Museum of compar. zoology. — Observatory.*

Chicago. *Field Columbian Museum. — Yerkes Observatory.*

Cincinnati. *Lloyd library.*

Columbia. *University of Missouri.*

Cordova. *Academia de ciencias.*

Granville. *Denison University.*

Halifax. *Nova-Scotian Institute.*

Ithaca. *Journal of physical chemistry.*

Lawrence. *The Kansas University.*

Lima. *Cuerpo de ingenieros de minas.*

Lincoln. *University of Nebraska.*

Madison. *Wisconsin Academy.*

Mexico. *Observatorio. — Sociedad de historia natural. — Institut géologique.*

Montevideo. *Universidad. — Museo nacional.*

Mont-Hamilton. *Lick Observatory.*

Montréal. *Natural history Society.*

New-Haven. *Journal of sciences.*

New-York. *Academy of sciences. — Mathematical Society. — Museum of natural history.*

Para. *Museu.*

Philadelphie. *Academy of natural sciences. — Franklin Institute. — The american Naturalist. — Philosophical Society. — Historical Society.*

Rochester. *Academy of sciences. — Geological Society.*

Saint-Louis. *Academy of sciences. — Missouri botanical Garden.*

Salem. *Essex Institute.*

San-Francisco. *California Academy of sciences.*

Santiago de Chili. *Société scientifique.*

Toronto. *Canadian Institute.*

Urbana. *Illinois State laboratory.*

Washington. *Department of Agriculture. — U. S. national Museum. — Smithsonian Institution. — U. S. Geological Survey.*

Amiens. *Société industrielle.*

Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*

Caen. *Société linnéenne.*

Dax. *Société de Borda.*

Le Havre. *Société d'études diverses.*

Lille. *Société géologique du Nord.*

Lyon. *Université.*

Marseille. *Société scientifique industrielle.*

Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*

Nancy. *Société des sciences.*

Nantes. *Société des sciences naturelles.*

Paris. *Académie de médecine. — Bulletin scientifique. — École normale supérieure. — École polytechnique. — Le Cosmos. — La Nature. — Ministère de l'Instruction publique. — Moniteur scientifique. — Muséum d'histoire naturelle. — Revue générale des sciences. — Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*

Toulouse. *Société d'histoire naturelle. — Université.*

Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*

Birmingham. *Philosophical Society.*

Calcutta. *Asiatic Society of Bengal. — Meteorological Department. — Geological Survey.*

Cambridge. *Philosophical Society.*

Dublin. *Royal Irish Academy. — Dublin Society.*

Édimbourg. *Botanical Society. — Geological Society. — Physical Society. — Royal Society. — Laboratory of the R. College of physicians.*

Glasgow. *Geological Society. — Philosophical Society.*

Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute. — Royal Astronomical Society. — British Museum. — Chemical Society. — Geological Society. — Institution of mechanical Engineers. — Royal Institution of Great Britain. — Linnean Society. — Mathematical Society. — Meteorological Society. — Royal Society. — Royal Microscopical Society. — Nature. — Zoological Society.*

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers.*

Sydney. *Linnean Society. — R. Society of N. S. Wales.*

Victoria. *Royal Society of Victoria.*

Florence. *Società entomologica italiana. — Rivista scientifico-industriale.*

Milan. *Società di scienze naturali. — R. Istituto di scienze. — Museo di storia naturali.*

Modène. *Società dei naturalisti. — Stazione agrarie.*

Naples. *Società reale.*

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali.*

Palerme. *Circolo matematico.*

Pise. *Società toscana di scienze naturali. — Il nuovo cimento.*

Rome. *Reale Accademia dei Lincei. — Associazione elettrotecnica. — Comitato di artiglieria e genio. — Comitato geologico. — Gazetta chimica. — Ministero dei lavori pubblici. — Ministero d'agricoltura, industria e commercio. — Società zoologica. — Società italiana per il progresso delle scienze.*

Turin. *Accademia reale delle scienze.*

Venise. *R. Istituto di scienze.*

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen. — Société mathématique.*

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen. — Natuurkundige Vereeniging.*

Buitenzorg. *Jardin botanique.*

Harlem. *Société hollandaise des sciences.*

Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*

Bucarest. *Institut météorologique. — Ministère de l'Instruction publique. — Société des sciences physiques.*

Jassy. *Société scientifique et littéraire.*

Dorpat. *Université. — Naturforschende Gesellschaft.*

Kazan. *Université impériale.*

Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*

Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*

Odessa. *Société des Naturalistes.*

Saint-Pétersbourg. *Académie impériale des sciences. — Institut impérial de médecine expérimentale. — Comité géologique. — Jardin impérial de botanique. — Société de chimie. — Mineralogische Gesellschaft. — Université impériale.*

Varsovie. *Travaux mathématiques et physiques.*

Bergen. *Museum.*

Christiania. *Archiv for Mathematik. — Société des sciences. — Université.*

Stockholm. *Académie royale des sciences. — Nordiskt medicinsk Archiv. — Acta mathematica. — Institut royal géologique. — Société entomologique.*

Upsal. *Société royale des sciences. — Université.*

Bâle. *Université.*

Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles. — Journal de chimie physique. — L'Enseignement mathématique. — Société de physique.*

Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*

Zurich. *Naturforschende Gesellschaft.*

Belgrade. *Académie royale des sciences.*

Coïmbre. *Jornal mathematicas* (Teixeira).

Le Caire. *Institut égyptien.*

Lisbonne. *Academia real das sciencias.*

Madrid. *R. Academia de ciencias exactas.*

Manila. *Observatorio meteorologico.*

Monaco. *Musée océanographique.*

Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. — Imperial University.*

BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

TABLES ALPHABÉTIQUES

Classe des sciences.

1912

TABLE ONOMASTIQUE

A

Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux. 200ᵉ anniversaire de fondation, 416.

Académie des sciences naturelles de Philadelphie. Invitation à son jubilé, 85. Adresse de félicitations, 120; remercie, 415.

Académie royale de Belgique. Liste des travaux publiés de mai 1911 à mai 1912, 369.

Albert (*S. M. le Roi*). Remerciements pour les condoléances de l'Académie, 699; pour l'invitation à la séance publique, 873.

Albert Iᵉʳ, prince de Monaco (*S. A.*). Hommage d'ouvrage, 176. — Voir *Marchal* (*le chevalier Edmond*).

Arthus (*Maurice*). Mémoire couronné sur le venin des scorpions des oasis du Sahara; rapports de MM. L. Fredericq, V. Willem et Masius, 807, 808, 809; proclamé, 967; remercie, 874.

Aubel (*E. Van*). Élu correspondant, 876; proclamé, 969.

B

Bambeke (*Ch. Van*). Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1. — Contribution pour servir à l'histoire de *Lycogala flavo-fuscum* (Ehr.) Rost., myxomycète nouveau pour la flore belge (*Mémoires* in-8°, n. s., t. III, fasc. 5), 121. — Délégué au jubilé de la Société royale de botanique de Belgique, 174. — Hommage d'ouvrage, 416. — Note bibliographique : Voir *Schuyten* (*M.-C.*). — Rapports : Voir *Cerfontaine, Francotte, Zunz* (*Edg.*).

Bateson (*W.*). Élu associé, 877; proclamé, 969.

Beaupain (*J.*). Sur les cas d'intégrabilité de l'équation $\frac{d^n y}{dx^n} = \frac{P}{xy}$; à l'examen, 176; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin (impression dans les *Mémoires* in-4°), 419. — Sur les fonctions de Bessel d'ordre supérieur (présenté par M. de la Vallée Poussin pour les *Mémoires* in-4°), 701.

Bernstein (*Serge*). Remercie pour le prix qui lui a été accordé, 2.

Bomsel (*A.*). Dépôt de deux plis cachetés, 476.

Boulenger (*Georges-Albert*). Élu associé, 377; remercie, 415. — Observations sur l'accouplement et la ponte de l'Alyte accoucheur, *Alytes obstetricans*, 570.

Boulvin (*J.*). Soumet ses travaux pour le Prix Auguste Sacré, 479. Lauréat: rapports de MM. le Paige, Lagrange et Lecointe, 819, 821; proclamation, 968; remercie, 874.

Boutaric (*A.*). Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu, 468; à l'examen, 376; rapports de MM. De Hemptinne et Verschaffelt, 421.

Branly (*Ed.*). Hommage d'ouvrage, 769.

Bruylants (*P.*) et *Bytebier* (*A.*). Détermination du poids atomique du sélénium, 856.

Bytebier (*A.*). Voir *Bruylants* (*P.*).

C

Cerfontaine (*Paul*). Sollicite une table à la Station zoologique de Naples, 699; lecture des rapports de MM. Van Bambeke, L. Fredericq et Gravis, 771.

Cesàro (*G.*). Formes nouvelles dans la Phosgénite de San Giovanni (Sardaigne), 38. — Sur un feldspath de Porto-Scuso (Sardaigne), 553. — Hommage d'ouvrage, 548.

Chenot (*G.*). Relations entre une puissance et la somme de deux puissances du même degré (à l'examen), 548; rapport verbal de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 701.

Cogniaux (*Alfred*). Hommages d'ouvrages, 548, 769.

Cornet (*J.*). Élu correspondant, 377; remercie, 415. — Rapport: Voir *de Dorlodot* (*L.*).

Crismer (*L.*). Élu correspondant, 377; remercie, 415.

D

De Donder (*Th.*). Sur la cinématique des milieux continus, 243; à l'examen, 121; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin, 179. — Sur le plan réglé et les invariants intégraux, 583; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin, 551.

Dehalu (*M.*). Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, 409; rapport de M. le Paige, 380.

De Heen (*P.*). Promu officier de l'Ordre de Léopold, 1. — Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons et la théorie substantialiste (impression votée dans les *Mémoires* in-4°), 380. — Membre de la Commission des finances, 771. — Rapports: Voir *De Mare et Jacobs*, *De Muynck* (*R.*), *François* (*Ch.*), *Hesselgren* (*Fréd.*), *Kolossowsky* (*N. de*), *Moreau*, *Pienkowski* (*S.*), *Schwers* (*Fr.*), *Scouvart* (*Mlle*).

de Hemptinne (*Alex.*). Nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, 1. — Élu membre, 377; approbation royale, 476; proclamé, 969. — Présente un travail de MM. P. Bruylants et A. Bytebier, 856. — Rapports: Voir *Boutaric* (*A.*), *De Muynck* (*R.*), *Moreau*, *Pienkowski* (*S.*).

De Koninck (*J.*). Dépôt aux archives d'une note sur la construction d'un carré équivalent à un cercle donné au moyen de la règle et du compas, 874.

Delacre (*Maurice*). Hommage d'ouvrage, 85.

Delava (*Paul*). Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien, 35; rapports de

MM. Léon Fredericq et Willem, 5, 6.

de la Vallée Poussin (*Ch.-J.*). Sur l'unité du développement trigonométrique, 702. — Présente un travail de M. Noaillon, 854. — Rapports : Voir *Beaupain* (*J.*), *De Donder* (*Th.*), *Lecat* (*Maurice*), *Pacotte* (*Julien*).

Demachy (*Edmond*). Sur le processus de formation des neutres chez les abeilles (dépôt aux archives sur avis de MM. Lameere et Willem), 3.

De Mare (*Fréd.*) *et Jacobs* (*Ch.*). Sur les alliages et les dépôts électrolytiques de radium, 53; rapport de MM. Swarts et De Heen, 7.

Demoulin (*A.*). Remercie pour son élection, 2. — Rapports : Voir *Beaupain* (*J.*), *De Donder* (*Th.*), *Godeaux* (*L.*), *Lecat* (*Maurice*).

De Munck (*Émile*). Dépose un pli cacheté, 768.

De Muynck (*R.*). Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée, 336; à l'examen, 176; rapports de MM. de Hemptinne et De Heen, 321, 322.

Depéret (*Ch.*). Félicité pour le Prix Petit d'Ormoy, 2; remercie, 120. — Remercie pour son élection d'associé, 2.

De Potter (*Agathon*). Réalisation des dispositions de son legs, 91, 175.

De Rauw (*H.*). L'or en Ardenne, 871.

Deruyts (*J.*). Promu officier de l'Ordre de Léopold, 1. — Membre de la Commission des finances, 771.

de Selys Longchamps (*Edmond*). Souscription au Catalogue des collections, 174.

De Wildeman (*E.*). Hommage d'ouvrage, 85; avec une note posthume de Th. Durand, 89.

Dollo (*L.*). Promu officier de l'Ordre de Léopold, 1. — Sur les premiers restes de Tortues fossiles recueillis au Congo, 8. — Félicité pour la Médaille Murchison, 83. — Délégué au jubilé de la « Royal Society » ; approbation de l'adresse qu'il remettra à la Société royale de Londres, 175.

Dorlodot (*Léopold de*). Mémoire couronné sur la constitution du massif cambrien de Stavelot; rapports de MM. Max. Lohest, Mourlon et Cornet, 789, 790, 791 ; proclamé, 967.

Durand (*Théophile*). Décès, 84 ; discours aux funérailles par M. Francotte, 86. — Note bibliographique : Voir *De Wildeman* (*Em.*).

F

Foerster (*W.*). Invite à la cérémonie en mémoire du général Ibañez, 175.

Fourmarier. Mémoire couronné sur la tectonique du Brabant; rapports de MM. Malaise, Lohest et Mourlon, 791, 806 ; proclamé, 967.

Foveau de Courmelles. Hommage d'ouvrage, 120.

Fraipont (*Charles*). Hommages d'ouvrages, 319, 416.

François (*Charles*). Etude sur la machine d'Atwood (dépôt aux archives sur avis de M. De Heen), 3.

Francotte (*Ch.*). Fait adresser des remerciements au directeur sortant, 3. — Fait l'éloge de M. Th. Durand, 84; discours prononcé aux funérailles, 86. — Présente un travail de M. G. Boulenger, 570. — Sollicite une table à la Station zoologique de Naples, 699 ; lecture des rapports de MM. Van Bambeke, L. Fredericq et Gravis, 771. — Le troisième œil chez les vertébrés, 880. — Hommage d'ouvrage, 85.

Fredericq (*Henri*). Sur la nature de la systole de l'oreillette, 131 ; rapport de M. V. Willem, 125. — Sur la contraction alternante du myocarde et son électrogramme, 203 ; avis verbal de M. Léon Fredericq, 177.

Fredericq (*Léon*). Isolement par écrasement de l'oreillette droite sur le cœur vivant du chien, 184. — Notes bibliographiques : Voir *Arthus* (*Maurice*), *Gorini* (*C.*). — Rapports : Voir *Cerfontaine*, *Delava* (*Paul*), *Francotte* (*Ch.*), *Fredericq* (*Henri*), *Roskam* (*J.*), *Zunz* (*Edg.*).

G

Gluge (*Théophile*). Hommage, par C. Vanlair, 417.

Godeaux (*Lucien*). Sur les systèmes linéaires quintuplement infinis de quadriques (note renvoyée à l'auteur sur avis de MM. Demoulin et Neuberg), 378. — Sur la surface focale d'une congruence de courbes; lecture de l'avis de M. Neuberg, 418. — Restitution d'une note sur les plans qui rencontrent des couples de droites en des couples de points conjugués par rapport à une même conique, 548.

Goetghebuer (*M.*). Études sur les Chironomides de Belgique (à l'examen), 121; rapports de MM. Willem et Lameere (*Mémoires* in-8°), 180, 181.

Goffart (*J.*). Hommages d'ouvrages, 700, 768. — Voir *Gravis* (*A.*).

Gorini (*Constantini*). Hommages d'ouvrages, présentés par M. L. Fredericq, 476, 477.

Gravis (*A.*). Hommages d'ouvrages, 2, 700. — Méthodologie de la botanique à l'usage de l'enseignement moyen, présenté par M. Pelseneer avec une note, 769. — Rapports : Voir *Cerfontaine*, *Francotte* (*Ch.*).

H

Hayata (*B.*). Hommage d'ouvrage, 319.

Hesselgren (*Frédéric*). Gammes musicales anciennes et modernes (à l'examen), 176; lecture des rapports de MM. De Heen et Verschaffelt, 418.

Hilbert (*David*). Élu associé, 876; proclamé, 969.

I

Ibañez (*Général*). 20e anniversaire de sa mort, 175.

Institut international de physigue Solvay. Réception des statuts, 874.

Institut Montefiore. Communique le programme du concours pour 1914, 174.

J

Jacobs (*Ch.*). Voir *De Mare* (*Fréd.*).

Jorissen (*A.*). Élu directeur pour 1913, 3. — De la diffusion du molybdène dans le terrain houiller de Liége, 850. — Hommage d'ouvrage, 548. — Note bibliographique : Voir *Swarts* (*Fréd.*). — Rapports : Voir *Michiels* (*L.*), *Oechsner de Coninck*, *Zunz* (*Edg.*).

Joubin. Invitation au Congrès de zoologie de Monaco, 416.

Julin (*Charles*). Élu correspondant de l'Institut national genévois, 119. — Adresse à l'Académie des sciences de Philadelphie, 120. — Hommage d'ouvrage, 176.

K

Knapen (*A.*). Remercie pour le Prix Lemaire, 2.

Kolossowsky (*Nicolas de*). Recherches thermochimiques sur la dissolution, 591 ; rapport de M. De Heen, 550.

L

Lacroix (*Alfred*). Hommage d'ouvrage, 377.

Lagrange (*Charles*). Hommage d'ouvrage (Leçons sur la parole de Dieu), 376; avec note, 422. — Membre de la Commission des finances, 771. — Sur l'usage de la notion de probabilité dans l'appréciation du caractère systématique d'un document. Application à la mathématique biblique, 823. — Rapports : Voir *Boulvin* (*J.*), *Stroobant* (*P.*).

Lameere (*Aug.*). Rapports : Voir *Demachy* (*Ed.*), *Goetghebuer* (*M.*).

Lebon (*Ernest*). Hommages d'ouvrages présentés par M. Neuberg, 548, 700, 874.

Lecat (*Maurice*). Sur la multiplication des déterminants à plusieurs dimensions (à l'examen), 768; avis de MM. Mansion et le Paige, 876. — Mémoire couronné sur le calcul des variations depuis 1850; rapports de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, Mansion et Demoulin, 787, 788; proclamé, 966. — Hommage d'ouvrage, 86.

Lecointe (*G.*). Remercie pour son élection, 2. — Note préliminaire sur les observations effectuées par le Service astronomique de l'Observatoire royal pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, 323. — Motion à propos de la création de la Commission internationale de l'heure, 700. — Rapports : Voir *Boulvin* (*J.*), *Stroobant* (*P.*), *Vincent* (*J.*).

Ledent (*Th.*). Sur une courbe trisectrice (à l'examen), 416; dépôt aux archives sur avis de M. Mansion, 480. — Équation du 3e degré donnant la corde du polygone de treize côtés (dépôt aux archives), 768.

le Paige (*C.*). Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 375. — Rapports : Voir *Boulvin* (*J.*), *Dehalu*, *Lecat* (*Maurice*), *Lucas* (*le R. P.*), *Servaas van Rooyen*, *Stroobant* (*P.*), *Vincent* (*J.*), *Willaert*.

Lister (*Lord*). Décès, 119.

Lohest (*Max.*). Le charbon de la Lukuga, 849. — Présente un travail de M. De Rauw, 871. — Hommages d'ouvrages, 319, 416. — Rapports : Voir *de Dorlodot* (*L.*), *Fourmarier*.

Lucas (*le P.*). Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, 311; rapport de M. le Paige, 183.

M

Malaise (*C.*). Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1. — Délégué au jubilé de la Société royale de botanique, 175. — Membre de la Commission des finances, 771. — Rapport : Voir *Fourmarier*.

Mansion (*P.*). Rapports : Voir *Lecat* (*Maurice*), *Ledent* (*Th.*), *Michaux*.

Marchal (*Chevalier Edmond*). Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1. — L'Institut et le Musée océanographique de Monaco, 91; M. Rutot appuie cette communication, 175. — Présente des ouvrages biographiques sur G. Van der Mensbrugghe, 120; le *Liber memorialis* de la manifestation Neuberg, 173, un ouvrage de M. Schwœrer, 176.

Marchal (*Émile*). Remercie pour son élection, 2. — Accepte de rédiger la notice de Th. Durand pour l'*Annuaire*, 84.

Marie (*Charles*). Remercie pour l'appui de la Classe en faveur de la publication des Tables de physico-chimie, 376.

Masius (*V.*). Rapport : Voir *Arthus* (*Maurice*).

Massart (*Jean*). Lauréat du concours De Keyn, 375. — Les naturalistes actuels et l'étude de la nature, 944. — Hommage d'ouvrage, 175.

Melsens (*Louis*). Aucun ouvrage soumis pour la 3e période du Prix, 417.

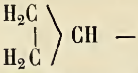
Mercier (*le Cardinal*). Nommé président de l'Académie pour 1913, 767.

Merry del Val (*A.*). Communique le programme des cours de vacances à Madrid, 174.

Michaux (*Charles*). Faillite de la métagéométrie (à l'examen), 416; dépôt aux archives sur avis de M. Mansion, 480.

Micheels (*Henri*). Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination, 753; lecture du rapport de M. De Heen, 701.

Michiels (*Louis*). Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques du type



$\left.\begin{array}{l}H_2C\\ \;|\\ H_2C\end{array}\right\rangle CH - X$

; 10 ; rapports de MM. Swarts et Jorissen, 4, 5.

Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics. Hommage d'ouvrage, 416.

Ministre de l'Industrie et du Travail. Hommage d'ouvrage, 85. — Présentation d'une liste de dix noms pour le jury du Prix Guinard, 476.

Ministre des Sciences et des Arts. Transmet l'arrêté royal approuvant l'élection de MM. Demoulin et Rutot, 84. — Demande des délégués pour le VI^e Congrès de l'Association pour l'essai des matériaux, 84. — Demande la présentation de candidats pour la formation du jury du prix décennal des mathématiques appliquées, 547, 771. — Transmet les requêtes de MM. Francotte et Cerfontaine relatives à la Station zoologique de Naples, 699. — Communique l'arrêté royal nommant M^{gr} Mercier président de l'Académie pour 1913, 767. — Invite l'Académie au Congrès international de zoologie de Monaco, 768. — Remercie pour l'invitation à la séance publique, 873.

Monteil (*Lieutenant colonel*). Hommage d'ouvrage, 377.

Moreau. Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition des sphères de verre entre les électrodes, 146; à l'examen, 85; rapports de MM. de Hemptinne et De Heen, 126.

Mourlon (*Michel*). Promu grand-officier de l'Ordre de Léopold, 119. — Réélu délégué auprès de la Commission administrative, 320. — Membre de la Commission des finances, 771. — Rapports : voir *de Dorlodot*, *Fourmarier*.

N

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark, à Gratz. 50^e anniversaire de fondation, 548, 768.

Neuberg (*J.*). Remercie comme directeur sortant, 3. — Manifestation en son honneur, 173. — Promu commandeur de l'Ordre de la Couronne, 375. — Présente des ouvrages de M. Ernest Lebon, 548, 700. — Rapports : Voir *Godeaux* (*L.*)

Nicaise (*Ch.*). Etude graphique des surfaces capillaires (seconde communication), 437; rapport de M. Verschaffelt, 421. — Voir : *Verschaffelt* (*J.-E.*).

Noaillon (*Paul*). Nombre de solutions d'un système algébrique d'équations et d'inéquations (à l'examen), 768. — Remarques sur une série double, 854.

Nolf (*Pierre*). Élu correspondant, 877; proclamé, 969.

O

OEchsner de Coninck (*W.*). Action de la lithine sur le carbonate de calcium, 201; avis verbal de MM. Jorissen et Swarts, 177. — Sur une manière simple de caractériser l'acroléine, 480, 524. — Hommage d'ouvrage, 700.

P

Pacotte (*Julien*). Sur la stabilité de l'aéroplane, 292; rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 181. — L'aéroplane dans un vent périodique, 675; rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 552.

Pawlovitch Riabouchinsky (*Th.*). Hommage d'ouvrage, 700.

Pelseneer (*Paul*). Nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, 1. — Délégué au Congrès international de zoologie de Monaco, 700, 768. — Hommages d'ouvrages, 85, 120, 175. — Note bibliographique : Voir *Gravis* (*A.*).

Philippson (*M.*). Formation de colloïdes nouveaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques (note préliminaire), 580; rapports de MM. Swarts et Verschaffelt, 549.

Picard (*Émile*). Félicité pour le Prix Jean Reynaud. 2.

Pienkowski (*S.*). Mémoire couronné sur les actions pondéromotrices des corps électrisés; rapports de MM. de Hemptinne, Verschaffelt et De Heen, 772, 776. 782; proclamé, 966.

Poincaré (*Henri*). Décès, 475.

Proumen (*Henri-Jacques*). Sur l'ionisation accompagnant les gaz de la flamme (à l'examen), 548; rapport verbal de MM. de Hemptinne et Verschaffelt, 701.

R

Roskam (*Jacques*). De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins (méthode des circulations artificielles), 41; rapports de MM. L. Fredericq et Willem, 6.

Rotch (*Lawrence*). Décès, 319.

Rutot (*A.*). Remercie pour son élection, 2. — Insiste sur la nécessité de réaliser les dispositions du legs Ag. de Potter, 175.

S

Schaffers (*Victor*). Hommage d'ouvrage, 320.

Schmid (*Ed.*). Dépose un pli cacheté, 768.

Schuster (*Arthur*). Remercie pour l'adhésion de la Classe à l'Union internationale pour les recherches solaires, 874.

Schuyten (*M.-C.*). Hommage d'ouvrage (La pédologie), avec note par Ch. Van Bambeke, 477.

Schwers (*F.*). Nouvelles recherches sur la constante de réfraction; 2e note (à l'examen), 121; rapports de MM. De Heen et Swarts, 179; 3e note, 283. — Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction, 525; rapport de M. De Heen, 480. — Dérivés halogénés et constante de réfraction, 610; rapport de M. De Heen, 551. — Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires, 719; avis de M. De Heen, 701.

Schwœrer (*Émile*). Hommage d'ouvrage, 176.

Scouvart (*Mlle A.*). Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents (5e communication), 97; rapports de MM. Verschaffelt et De Heen, 89.

Servaas van Rooyen. Avis de M. le Paige sur sa note concernant une pendule de Sarton, 125.

Société d'astronomie d'Anvers. Soumet ses travaux pour le Prix Mailly, 2.

Société royale de botanique de Belgique. Jubilé, 174.

Société royale de Londres. Invitation à son jubilé, 85. — Décès de Lord Lister, 119.

Solvay (*Ernest*). Hommage d'ouvrage, 85.

Strasburger (*Édouard*). Élu associé, 376.

Stroobant (*Paul*). Soumet ses travaux pour le Prix Mailly, 2; lauréat : rapports de MM. le Paige, Lecointe et Ch. Lagrange, 809, 811, 818; proclamé, 968; remercie, 874. — Note sur l'aspect actuel de Saturne, 95. — Hommages d'ouvrages, 176, 874. — Rapport : Voir *Vincent* (*J.*).

Stuyvaert (*Modeste*). Hommage d'ouvrage, 120.

Swarts (*Fréd.*). Nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, 1. — Sur la chaleur de formation de quelques composés organiques fluorés (4e communication), 481. — Hommage d'ouvrage (Cours de chimie organique, 2e édition), avec note par M. Jorissen, 875. — Rapports : Voir *De Mare et Jacobs*, *Michiels* (*L.*). *Œchsner de Coninck*, *Philippson*.

T

The Rice Institute, à Houston (Texas). Invitation à l'inauguration des nouveaux bâtiments, 548.

U

Université de Lemberg. Jubilé, 376, 415.

V

vander Haeghen (Ferdinand). Rapport sur les travaux de la Commission de la *Biographie nationale*, pendant l'année 1911-1912, 365.

Van der Mensbrugghe (André). Hommage d'ouvrage, 120.

Van Dyck (Walter). Hommage d'ouvrage, 769.

Vanlair (C.). Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1. — Hommage à Théophile Gluge, 417. — Hommage d'ouvrage, 416.

Van 't Hoff. Manifestation, 84.

Verschaffelt (J.-E.). Sur la forme des gouttes liquides, 451. — Rapports : Voir *Boutaric (A.)*, *Hesselgren (Fréd.)*, *Nicaise (Ch.)*, *Philippson*, *Pienkowski (S.)*, *Scouvart (Mlle)*.

Verschaffelt (J.-E.) et *Nicaise (Ch.)*. Étude graphique des surfaces capillaires, 192; 2e communication, 437.

Vincent (Jean). Cirro-cumulus et alto-cumulus, 217; à l'examen, 85; rapports de MM. le Paige, Lagrange et Stroobant, 177, 178. — Les annonces de tempêtes du Service météorologique, 457; à l'examen, 320; rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige, 417, 420. — Les sondages aériens du Service météorologique, 386; à l'examen, 320; rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige, 378, 379.

W

Willaert (le P.). Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, 360 ; rapport de M. le Paige, 322; 2e note, 400; rapport du même, 380; 3e note, 543; rapport de M. le Paige, 480.

Willem (Victor). Élu correspondant, 377 ; remercie, 415 ; approbation royale, 476. — Rapports : Voir *Arthus (Maurice)*, *Delava (Paul)*, *Demachy (Éd.)*, *Fredericq (Henri)*, *Goetghebuer (M.)*, *Roskam (Jacques)*, *Zunz (Edg.)*.

Z

Zunz (Edgard). Soumet ses travaux pour le Prix Errera, 3; rapports de MM. Van Bambeke, Fredericq et Jorissen, 127, 129, 130; proclamé, 968. — A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration, 656; rapports de MM. L. Fredericq et V. Willem, 551, 552.

TABLE ANALYTIQUE.

A

Agriculture. Voir *Congrès.*

Analyse géométrique. Sur l'unité du développement trigonométrique; par Ch.-J. de la Vallée Poussin, 702. — Voir *Géométrie.*

Analyse mathématique. Remarques sur une série double; par P. Noaillon, 854. — Voir *Mathématiques.*

Anthropologie. Voir *Congrès.*

Archéologie. Voir *Congrès.*

Astronomie. Note sur l'aspect actuel de Saturne; par Paul Stroobant, 95. — Note préliminaire sur les observations effectuées par le Service astronomique de l'Observatoire royal d'Uccle pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par G. Lecointe, 323. — Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. Willaert, S. J., 360, 400; rapports de M. le Paige, 322, 380. — Observations faites au laboratoire de physique du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur, par plusieurs Pères de la Compagnie de Jésus, à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912; par le P. Lucas, 311; rapport de M. le Paige, 183. — Observations de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, faites à l'équatorial de l'Observatoire de Cointe; par M. Dehalu, 409; rapport de M. le Paige, 380. — Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912, au poste du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur; par le P. F. Willaert, S. J., 543; rapport de M. le Paige, 480. — Voir *Prix Mailly.*

Aviation. — Voir *Mécanique.*

B

Bible. Voir *Mathématiques, Probabilités.*

Bibliographie. Liste des travaux publiés de mai 1911 à mai 1912, 369. — Études sur la flore des districts des Bangala et de l'Ubangi, série II; par Ém. de Wildeman (note posthume de Th. Durand), 89. — Leçons sur la Parole de Dieu; par Charles Lagrange (note par l'auteur), 422. — Présentation, par M. L. Fredericq, de sept travaux de C. Gorini relatifs à la microbiologie du lait, 476. — La Pédologie; par M.-C. Schuyten (note par Ch. Van Bambeke), 477. — Méthodologie de la botanique à l'usage des Écoles normales; par A. Gravis et Goffart (note par P. Pelseneer), 769. — Savants du jour : Armand Gautier; par Ernest Lebon (note par J. Neuberg), 875. — Cours de chimie organique, 2e édition; par F. Swarts (note par A. Jorissen), 875. — Bulletin bibliographique : janvier, 81; février, 115; mars, 171; avril, 316; mai, 372; juin, 412; juillet, 473; août-septembre, 545; octobre, 696; novembre, 766; décembre, 970.

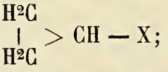
Biographie. Discours aux funérailles de

Th. Durand; par C.-J.-P. Francotte, 86. — Voir *Commission, Hommage, Manifestation, Nécrologie.*

Botanique. Contribution pour servir à l'histoire de *Lycogala flavo-fuscum* (Ehr.) Prost., myxomycète nouveau pour la flore belge; par Charles Van Bambeke (*Mémoires* in-8°, tome III, fasc. 5). — Voir *Bibliographie.*

C

Chimie. Action de la lithine sur le carbonate de calcium; par W. Oechsner de Coninck, 201; avis de MM. Jorissen et Swarts, 177. — Sur une manière simple de caractériser l'acroléine; par W. Oechsner de Coninck, 524; impression votée, 480. — De la diffusion du molybdène dans le terrain houiller de Liége; par A. Jorissen, 850. — Sur la chaleur de formation de quelques composés fluorés; par F. Swarts, 481. — Le sulfure de carbone comme solvant dans la recherche de la constante de réfraction; par Fr. Schwers, 525; rapport de M. De Heen, 480. — Dérivés halogénés et constante de réfraction; par Fr. Schwers, 610; rapport de M. De Heen, 551. — Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires; par Fr. Schwers, 719; lecture du rapport de M. De Heen, 701. — Contribution à l'étude des dérivés triméthyléniques du type



$\begin{matrix}H^2C\\ |\\ H^2C\end{matrix} > CH - X$; par Louis Michiels, 10; rapports de MM. Swarts et Jorissen, 4. — Voir les rubriques suivantes et *Physico-chimie, Tables annuelles.*

Chimie des colloïdes. Formation de colloïdes nouveaux dans une solution colloïdale où plongent des plaques métalliques (note préliminaire); par Maurice Philippson, 580; rapports de MM. Swarts et Verschaffelt, 549.

Chimie physiologique. A propos de la séparation des protéoses par l'ultrafiltration; par Edg. Zunz, 656; rapports de MM. Léon Fredericq et V. Willem, 551, 552.

Chimie physique. Détermination du poids atomique du sélénium; par P. Bruylants et A. Bytebier, 856.

Collections Edmond de Selys. Souscription de l'Académie au Catalogue, 174.

Commission administrative. M. Mourlon réélu délégué, 320.

Commission de la Biographie nationale. Rapport sur les travaux pendant l'année 1911-1912, par Ferd. vander Haeghen, 365.

Commission des finances. Élection, 771.

Commission internationale de l'heure. Motion de M. G. Lecointe, 700.

Concours annuels:

1912. Travaux reçus et désignation des commissaires, 478. — Mémoire couronné de M. S. Pienkowski sur les actions pondéromotrices des corps électrisés; rapports de MM. De Hemptinne, Verschaffelt et De Heen, 772, 776, 782. — Mémoire couronné de M. Lecat sur le calcul des variations depuis 1850; rapports de MM. de la Vallée Poussin, Mansion et Demoulin, 787, 788. — Mémoire couronné de M. L. de Dorlodot sur la constitution du massif cambrien de Stavelot; rapports de MM. Max. Lohest, Mourlon et Cornet, 789, 790, 791. — Mémoire couronné de M. Fourmarier sur la tectonique du Brabant; rapports de MM. Malaise, Lohest et Mourlon, 791, 806. — Mémoire couronné de Maurice Arthus sur le venin des scorpions du Sahara; rapports de MM. L. Fredericq, Willem et Masius, 807, 808, 809. — Proclamation, 967.

1913. Programme, 121.

Congo. Voir *Bibliographie.*

Congrès de l'Association internationale pour l'essai des matériaux (VI^e, à Washington et à New-York). Invitation, 84.

Congrès géologique international (XIIe session, au Canada). Invitation, 416.

Congrès international d'agriculture (Xe, à Gand). Communication, 874.

Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques (XIVe, à Genève). Invitation, 175.

Congrès international d'électrologie et de radiologie générales et médicales (VIe, à Prague). Invitation, 416.

Congrès international de zoologie (XIe, à Monaco). Invitation, 416. — M. Pelseneer délégué, 700, 768.

Congrès préhistorique de France (VIIIe, à Angoulême). Invitation, 476.

Cours de vacances à Madrid, 174.

D

Distinctions honorifiques. M. Ch. Depéret lauréat du Prix Petit d'Ormoy, 1, 120. — M. Picard lauréat du Prix Jean Reynaud, 1. — M. L. Dollo obtient la médaille Murchison, 83. — M. Julin nommé correspondant de l'Institut genévois, 119; docteur *honoris causa* de l'Université de St-Andrews, 547. — M. J. Massart lauréat du Concours De Keyn, 375. — Voir *Ordre de la Couronne, Ordre de Léopold, Ordre de Léopold II.*

Dons : Albert Ier, prince-souverain de Monaco, 176; Branly (Ed.), 769; Césáro (G.), 548; Cogniaux (A.), 548 769; Crismer (L.), 416; Delacre (Maurice), 85; Dyck (W. van), 769; De Wildeman (E.), 85; Formose (Gouvernement de), 320; Foveau de Courmelles, 120; Fraipont (Ch.), 319, 416; Francotte (Ch.), 85; Goffart (J.), 700; Gorini (C.), 476; Gravis, 2, 700; Jorissen (A.), 548; Julin (Ch.), 176; Lacroix (A.), 377; Lagrange (Ch.), 376; Lebon (Ernest), 548, 700, 874; Lecat (Mce), 867; Lohest (Max.), 319, 416; Marchal (le chevalier Edmond), 175; Massart (J.), 175; Ministre de l'Agriculture et des Travaux publics, 416; Ministre de l'Industrie et du Travail, 85; Monteil (Lieutenant colonel), 377; Oechsner de Coninck, 700; Pelseneer (P.), 85, 175; Riabouchinsky (P.), 700; Schaffers (V.), 320; Schuyten (M.-C.), 476; Schwoerer (Ém.), 176; Swarts (Fr.), 874; Solvay (Ern.), 85; Stroobant (P.), 176, 874; Struyvaert (Mod.), 120; Thirion (J.), 120; Van Bambeke, 416; Van der Mensbrugghe (A.), 120; Vanlair, 416.

E

Élections et nominations :

ACADÉMIE : Mgr Mercier, président pour 1913, 767.

1911. Remerciements des nouveaux élus, 2. — Approbation royale, 84.

1912 (juin). Discussion des titres des candidats, 320. — MM. de Hemptinne et V. Willem élus titulaires; L. Crismer et J. Cornet élus correspondants; G.-A. Boulenger, associé, 377. — Remercient, 415. — Proclamation, 969. — Approbation royale, 476.

— (décembre). Présentation et discussion des candidatures, 549, 701, 771. — MM. Van Aubel et P. Nolf élus correspondants; David Hilbert et W. Bateson, associés, 876.

1913. M. Jorissen élu directeur, 3.

Électricité. Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée; par R. De Muynck, 336; rapports de MM. de Hemptinne et De Heen, 321. — Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition de sphères de verre entre les électrodes; par Moreau, 146; rapports de MM. de Hemptinne et De Heen, 126.

Électrologie. Voir *Congrès.*

F

Famille royale. Remerciements de LL. MM. le Roi et la Reine pour les condoléances de l'Académie, 699.

Fondation Agathon De Potter, 91, 175.

G

Gammes musicales anciennes et modernes; par Frédéric Hesselgren (à l'examen), 177; renvoi à la Classe des beaux-arts sur avis de MM. De Heen et Verschaffelt, 418.

Géographie. Voir *Prix.*

Géologie. Le charbon de la Lukuga; par Max. Lohest, 849. — L'or en Ardenne; par H. De Rauw, 871. — Voir *Congrès.*

Géométrie. Faillite de la métagéométrie; par Ch. Michaux (à l'examen), 416; dépôt aux archives sur avis de M. Mansion, 480. — Sur une courbe trisectrice; par Th. Ledent (à l'examen), 416; dépôt aux archives sur avis de M. Mansion, 480. — Construire un carré équivalent à un cercle donné au moyen de la règle et du compas; par J. De Koninck (dépôt aux archives), 874.

Géométrie et analyse. Sur le plan réglé des invariants intégraux; par Th. De Donder, 583; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin, 551.

H

Heure. Voir *Commission.*

Hommage à Théophile Gluge; par C. Vanlair, 417. — Voir *Manifestation.*

I

Inauguration des nouveaux bâtiments du The Rice Institute, à Houston, 548.

J

Jubilés. 100e anniversaire de l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie, 85, 120, 415. — 250e anniversaire de la « Royal Society » de Londres, 85, 175. — 50e anniversaire de la Société royale de botanique de Belgique, 174. — 20e anniversaire de la mort du général Ibañez, 175. — 250e anniversaire de l'Université de Lemberg, 376, 415. — 200e anniversaire de fondation de l'Académie de Bordeaux, 416. — 50e anniversaire du Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark, à Gratz, 548, 768.

M

Manifestation en l'honneur du chimiste van 't Hoff, 84.

Manifestation Neuberg, 173.

Matériaux. Voir *Congrès.*

Mathématique de la Bible. Note au sujet de la présentation d'un ouvrage sur les Nombres de la Bible; par Ch. Lagrange, 422. — Voir *Probabilités.*

Mathématiques. Sur les plans qui rencontrent des couples de droites en des couples de points conjugués par rapport à une même conique; par Lucien Godeaux (restitution à l'auteur sur sa demande), 548. — Sur les systèmes linéaires quintuplement infinis de quadriques; par L. Godeaux (renvoi à l'auteur, sur avis de MM. Dumoulin et Neuberg), 378. — Sur la surface focale d'une congruence de courbes; par Lucien Godeaux (renvoi à l'auteur, sur avis de M. Neuberg), 418. — Sur les cas d'intégrabilité de l'équation $\frac{d^ny}{dx^n} = \frac{P}{xy}$; par Jean Beaupain, (à l'examen), 176; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin (impression dans les *Mémoires* in-4°), 419. — Relations entre une puissance et la somme de deux puissances du même degré; par G. Chenot; avis de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 701. — Équation du 3e degré donnant la corde du polygone de 13 côtés et de deux étoiles de 13 côtés; par Th. Ledent (dépôt aux archives), 768. — Sur les fonctions de Bessel d'ordre supérieur; par J. Beaupain (présenté par M. Ch.-J. de la Vallée Poussin), 701. — Nombre de solutions d'un système algébrique d'équations et d'inéquations; par Paul Noaillon (à l'examen), 768. — Sur la multiplication des déterminants à plusieurs dimensions; par Maurice Lecat (à l'examen), 768; avis de MM. Mansion et le Paige, 876. — Voir *Analyse, Géométrie, Probabilités.*

Mécanique. L'aéroplane dans un vent périodique; par Julien Pacotte, 675; rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 552. — Recherches sur la stabilité de l'aéroplane; par Julien Pacotte, 292; rapport de M. Ch.-J. de la Vallée Poussin, 181. — Voir *Pendule, Prix Auguste Sacré.*

Mécanique rationnelle. Sur la cinématique des milieux continus; par Th. De Donder, 243; rapports de MM. de la Vallée Poussin et Demoulin, 179.

Métagéométrie. — Voir *Géométrie.*

Météorologie. Cirro-cumulus et alto-cumulus; par J. Vincent, 217; à l'examen, 85; rapports de MM. le Paige, Lagrange et Stroobant, 177, 178. — Les annonces de tempêtes du Service météorologique; par J. Vincent, 457; à l'examen, 320; rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige, 419, 420. — Les sondages aériens du Service météorologique; par J. Vincent, 386; à l'examen, 320; rapports de MM. Lecointe, Stroobant et le Paige, 378, 379.

Minéralogie. Sur un feldspath de Porto-Scuso (Sardaigne); par G. Cesàro, 553. — Formes nouvelles dans la Phosgénite de San Giovanni (Sardaigne); par G. Cesàro, 381.

Monaco. Voir *Océanographie.*

N

Naturalistes (*Les*) actuels et l'étude de la nature, par Jean Massart, 944.

Nécrologie. Décès de Théophile Durand, 84; Lord Lister, 119; Lawrence Rotch, 319; Edmond Strasburger, 376; Henri Poincaré, 475.

O

Océanographie. L'Institut et le Musée océanographique de Monaco; par le chevalier Edmond Marchal, 91.

Optique. Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents (5$^{\text{e}}$ communication); par M$^{\text{lle}}$ Scouvart, 97; rapports de MM. Verschaffelt et De Heen, 89.

Ordre de la Couronne. M. J. Neuberg, commandeur, 375.

Ordre de Léopold. Commandeurs : MM. Malaise, Van Bambeke, Vanlair et le chevalier Marchal, 1; M. le Paige, 375. Officiers : MM. De Heen, Deruyts et Dollo, 1. — Chevaliers : MM. de Hemptinne, Pelseneer et Swarts, 1.

Ordre de Léopold II. M. Mourlon, grand-officier, 119.

P

Paléontologie. Sur les premiers restes de Tortues fossiles recueillis au Congo; par Louis Dollo, 8.

Pendule. Dépôt aux archives, sur avis de M. le Paige, d'une note de M. A.-J. Servaas van Rooyen sur une pendule de Sarton, 125.

Physico-chimie. Recherches thermo-chimiques sur la dissolution; par Nicolas de Kolossowsky, 591; rapport de M. De Heen, 551. — Alliages et dépôts électrolytiques de radium; par Fréd. de Mare et Charles Jacobs, 53; rapports de MM. Swarts et De Heen, 7.—

Sur l'ionisation accompagnant les gaz de la flamme; par H.-J. Proumen (à l'examen), 548; avis de MM. de Hemptinne et Verschaffelt, 701.

Physico-chimie végétale. Mode d'action des solutions étendues d'électrolytes sur la germination; par Henri Micheels, 753; rapport de M. De Heen, 701.

Physiologie. Sur le pouvoir rotatoire des substances protéiques du sérum du sang de chien; par Paul Delava, 35; rapports de MM. L. Fredericq et V. Willem, 5. — De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins (communication préliminaire); par Jacques Roskam, 41; rapports de MM. L. Fredericq et Willem, 6. — Sur la nature de la systole de l'oreillette; par Henri Fredericq, 131; rapport de M. V. Willem, 125. — Isolement par écrasement de l'oreillette droite sur le cœur vivant du chien; par Léon Fredericq, 184. — La contraction alternante du myocarde et son électrogramme; par Henri Fredericq, 203; avis de M. Léon Fredericq, 177.

Physique. Nouvelles recherches sur la constante de réfraction (2e et 3e notes); par F. Schwers, 252, 283; rapport de M. De Heen, 179. — Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons et la théorie substantialiste; par P. De Heen (impression votée dans les *Mémoires* in-4o), 380. — Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu; par A. Boutaric, 468; à l'examen, 376; rapports de MM. de Hemptinne et Verschaffelt, 421. — Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée; par R. De Muynck, 336; à l'examen, 176; rapports de MM. de Hemptinne et De Heen, 321. — Étude sur la machine d'Atwood; par Charles François (dépôt aux archives, sur avis de M. De Heen), 3. — Réception des statuts de l'Institut international de physique Solvay, 874. — Voir *Électricité, Gammes, Optique, Pendule, Physico-chimie, Prix Melsens, Prix Montefiore, Tables annuelles.*

Physique moléculaire. Étude graphique des surfaces capillaires; par J.-E. Verschaffelt et Ch. Nicaise, 192. — Deuxième communication; par Ch. Nicaise, 437; rapport de M. Verschaffelt, 421. — Sur la forme des gouttes liquides; par J.-E. Verschaffelt, 451.

Plis cachetés. Dépôts par A. Bomsel, 476; par Émile De Munck, 768; par Ed. Schmid, 768.

Préhistoire. Voir *Congrès, Paléontologie.*

Prix. Voir *Concours.*

Prix Auguste Sacré. Travaux soumis et nomination du jury, 479. — Prix décerné à M. Jules Boulvin; rapports de MM. Ch. Lagrange et G. Lecointe, 819, 821; proclamation, 968.

Prix Charles Lemaire (10e période : 1911-30 juin 1913). Programme, 124.

Prix décennal de mathématiques appliquées (2e période : 1903-1912). Formation du jury, 547, 771.

Prix de géographie. Projet de création, 176.

Prix Édouard Mailly (5e période : 1908-1911). Travaux reçus et désignation de commissaires, 2. — Prix décerné à M. P. Stroobant; rapports de MM. le Paige, Lecointe et Ch. Lagrange, 809, 811, 818; proclamation, 968.

Prix Guinard (9e période). Formation d'une liste de dix noms pour le jury, 476.

Prix Leo Errera (2e période : 1909-1911). Travaux soumis et désignation du jury, 3. — Décerné à M. Edgard Zunz; rapports de MM. Van Bambeke, L. Fredericq et Jorissen, 127, 129, 130; proclamation, 968.

Prix Louis Melsens (3e période : 1er juil-

let 1908-30 juin 1912). Aucun travail soumis, 417.
Prix Montefiore. Réception du programme, 174.
Probabilités. Sur l'usage de la notion de probabilité dans l'appréciation du caractère systématique d'un document. Application à la mathématique biblique; par Ch. Lagrange, 823. — Voir *Mathématique de la Bible.*

R

Radiologie. Voir *Congrès.*

S

Séance publique. Remerciements pour les invitations, 874. – Préparatifs 877.
Soleil. Voir *Union internationale.*
Station zoologique de Naples.
1913. Requêtes de MM. P. Cerfontaine et Charles Francotte (à l'examen), 699; lecture des avis de MM. Van Bambeke, L. Fredericq et Gravis, 771.

T

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, physique et technologie. Participation de la Classe à cette publication, 376.
Technologie. Voir *Tables annuelles.*

U

Union internationale pour les recherches solaires. Adhésion de la Classe, 874

Z

Zoologie. Observations sur l'accouplement et la ponte de l'Alyte accoucheur, *Alytes obstetricans;* par G.-A. Boulenger, 570. — Sur le processus de formation des neutres chez les Abeilles; par Edmond Demachy (dépôt aux archives, sur avis de MM. Lameere et Willem), 3. — Études sur les Chironomides de Belgique; par le Dr Goetghebuer; rapport de MM. V. Willem et A. Lameere, 180, 181 (*Mémoires* in-8°, tome III, fasc. 6). — Le troisième œil chez les vertébrés, 880. — Voir *Congrès, Station zoologique de Naples.*

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES.

Boulenger (G.-A.). Observations sur l'accouplement et la ponte de l'Alyte accoucheur, *Alytes obstetricans* (1 planche), 578.

Boutaric (M.). Sur la précision que l'on peut obtenir dans la mesure de la proportion de lumière polarisée par le photopolarimètre de Cornu (1 figure), 468.

Cesàro (G.). Formes nouvelles dans la Phosgénite de San Giovanni (Sardaigne) (1 figure), 383.

Sur un feldspath de Porto Scuso (Sardaigne) (4 figures), 557-565.

de Muynck (R.). Contribution à l'étude du potentiel disruptif entre électrodes à température élevée (1 diagramme), 348.

Francotte (Ch.-J.). Le troisième œil chez les vertébrés (24 planches), 942; (8 figures), 896, 918, 919.

Fredericq (Henri). Sur la nature de la systole de l'oreillette (7 figures), 134-139

La contraction alternante du myocarde et son électrogramme (4 planches), 216.

Fredericq (Léon). Isolement par écrasement de l'oreillette droite sur le cœur vivant du chien (2 planches), 190-191.

Lecointe (G.). Note préliminaire sur les observations effectuées par le Service astronomique de l'Observatoire royal d'Uccle pendant l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 (1 tableau; 1 planche), 326-329.

Lucas (Le P.), S. J. Observations faites au laboratoire de physique du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur, par plusieurs Pères de la Compagnie de Jésus, à l'occasion de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 (1 figure), 312.

Moreau (M.). Contribution expérimentale à l'étude de l'influence des diélectriques sur la décharge disruptive. Influence exercée sur le potentiel de décharge par l'interposition des sphères de verre entre les électrodes (10 figures), 148-169.

Nicaise (Ch.). Étude graphique des surfaces capillaires (deuxième communication) (1 planche; 2 figures), 438-440.

Roskam (Jacques). De l'action locale de la température sur les parois des vaisseaux sanguins (communication préliminaire) (5 diagrammes), 45-50.

Schwers (F.). Nouvelles recherches sur la constante de réfraction (deuxième et troisième notes) (1 figure), 282.

Dérivés halogénés et constante de réfraction (1 diagramme), 655.

Recherches expérimentales sur la rotation magnétique des mélanges binaires (2 figures), 727-728.

Scouvart (M^{lle}). Recherches expérimentales sur la forme de la surface d'onde dans les cristaux biréfringents (cinquième communication) (5 figures), 100-114.

Stroobant (Paul). Note sur l'aspect actuel de Saturne (1 planche), 96.

Verschaffelt (J.-E.) et Nicaise (Ch.). Étude graphique des surfaces capillaires (2 planches), 200-201.

Verschaffelt (J.-E.). Sur la forme des gouttes liquides (1 diagramme; 1 planche), 456-457.

Vincent (J.). Les sondages aériens du Service météorologique (3 figures), 394-399.

Les annonces de tempêtes du Service météorologique (9 cartes), 459-464.

Willaert (Le P.), S. J. Enregistrement cinématographique de l'éclipse de soleil du 17 avril 1912 au poste du Collège Notre-Dame de la Paix, à Namur (1 figure), 406.

TABLE DES MATIÈRES.

CLASSE DES SCIENCES. — *Séance du 7 décembre 1912.*

Correspondance.

M. le Ministre des Sciences et des Arts transmet l'arrêté royal nommant S. E. le Cardinal Mercier président de l'Académie pour l'année 1913. — Invitation au IXe Congrès international de zoologie, à Monaco (M. Pelseneer, délégué). — Jubilé du *Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.* — Plis cachetés. — Travaux à l'examen. — Hommages d'ouvrages 767

Bibliographie.

Gravis (A.) et **Goffart**. — *Méthodologie de la botanique;* note par Paul Pelseneer 769

Élections.

MM. De Heen, Deruyts, Lagrange, Malaise et Mourlon sont réélus membres de la Commission des finances pour 1913. 771
Formation d'une liste de dix noms pour le jury du Prix décennal de mathématiques appliquées 771
Discussion des titres des candidats aux places vacantes 771

Rapports.

Lecture des rapports de MM. Van Bambeke, Fredericq et Gravis (Requêtes de MM. Ch.-J. Francotte et Cerfontaine relatives à la Station zoologique de Naples) 771

Concours annuel de 1912.

Rapports de MM. De Hemptinne, Verschaffelt et De Heen (Mémoire couronné de M. S. Pienkowski sur les actions pondéromotrices des corps électrisés) 772, 776, 782
Rapports de MM. de la Vallée Poussin, Mansion et Demoulin (Mémoire couronné de M. Mce Lecat sur le calcul des variations depuis 1850) . . . 787, 788
Rapports de MM. Max. Lohest, Mourlon et Cornet (Mémoire couronné de M. Léopold de Dorlodot sur la constitution du massif cambrien de Stavelot) 789, 790, 791
Rapports de MM. Malaise, Lohest et Mourlon (Mémoire couronné de M. Fourmarier sur la tectonique du Brabant) 791, 806
Rapports de MM. L. Fredericq, Willem et Masius (Mémoire couronné de M. Mce Arthus sur le venin des Scorpions des oasis du Sahara) . 807, 808, 809

Prix Édouard Mailly.

(Ve période 1908-1911.)

Rapports de MM. le Paige, Lecointe et Ch. Lagrange (Prix décerné à M. P. Stroobant) 809, 811, 818

Prix Auguste Sacré

(1re période.)

Rapports de MM. Ch. Lagrange et Lecointe (Prix décerné à M. J. Boulvin). 819, 821

Communications et lectures.

PROBABILITÉS. — *Sur l'usage de la notion de probabilité dans l'appréciation du caractère systématique d'un document. Application à la mathématique biblique;* par Ch. Lagrange 823
GÉOLOGIE. — *Le charbon de la Lukuga;* par Max. Lohest 849
CHIMIE. — *De la diffusion du molybdène dans le terrain houiller de Liége;* par A. Jorissen . . . 850
ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur une série double;* par Paul Noaillon. 854
CHIMIE-PHYSIQUE. *Détermination du poids atomique du sélénium;* par P. Bruylants et A. Bytebier 856
GÉOLOGIE. — *L'or en Ardenne;* par H. De Rauw 871

Séance du 16 décembre 1912.

Correspondance.

Remerciements pour les invitations à la séance publique. — Remerciements des lauréats des concours. — Réception des statuts de l'Institut international de physique Solvay. Communications du X^e Congrès international d'Agriculture. — Commission de l'Union internationale pour les recherches solaires. Dépôt aux archives d'un travail de M. J. De Koninck. — Hommages d'ouvrages 874

Bibliographie.

LEBON (ERNEST). — *Savants du jour : Armand Gautier;* note par J. Neuberg . 875
SWARTS (FRÉDÉRIC). — *Cours de chimie organique*, 2e édition; note par A. Jorissen 875

Rapports.

Lecture des rapports de MM. Mansion et le Paige (*Sur la multiplication des déterminants à plusieurs dimensions;* par M. Lecat). 876

Élections.

MM. Van Aubel et Nolf sont élus correspondants; David Hilbert et W. Bateson, associés. 876

Préparatifs de la séance publique. 877

Séance publique du 17 décembre 1912.

Le troisième œil chez les Vertébrés; causerie par Ch.-J. Francotte (74 figures et 24 planches). 880
Les naturalistes actuels et l'étude de la nature; par Jean Massart . . . 944
Proclamation des résultats des concours annuels, des prix perpétuels et des élections 966

Liste des ouvrages présentés 970

Table générale des Bulletins pour l'année 1912.

Table onomastique 977
Table analytique 985
Table des planches et des figures 993

Il ne sera donné suite aux demandes de combler les lacunes dans les publications de l'Académie, que pour autant que ces lacunes ne remontent pas au delà de cinq ans.

13 mai 1913

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01354 2782